

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico**

**TEMA:**

**“EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS PARA  
REDUCIR LAS DESCONEXIONES POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EN  
LOS PRIMARIOS DE LA E.E.Q”**

**AUTOR:**

**LUIS ENRIQUE CHINCHÍN MUGLISA**

**DIRECTOR:**

**ING. FRANKLIN VÁSQUEZ**

**QUITO, JULIO DEL 2013**

## **DECLARATORIA DE AUTORÍA:**

Yo, Luis Enrique Chinchín Muglisa autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito, 19 de Julio del 2013

---

**Luis Enrique Chinchín Muglisa**  
**CC:1704381845**

**AUTOR**

**CERTIFICA:**

Haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos técnicos y financieros del informe de la monografía, así como el funcionamiento del “Evaluación técnica-económica de alternativas para reducir las desconexiones por descargas atmosféricas en los primarios de la E.E.Q” realizada por el Sr.Luis Enrique Chinchín Muglisa, previa a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico en la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Por cumplir los requisitos autoriza su presentación.

Quito, 19 de Julio del 2013

---

**Ing. Franklin Hernán Vásquez Teneda**  
**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA.**

*Este proyecto es dedicado a mi familia que supo apoyarme durante el transcurso de  
la carrera de estudio.*

## **AGRADECIMIENTO.**

A la EMPRESA ELÉCTRICA QUITO y

al Ing. Alberto Andino Jefe de Sistema Rural de la Zona Sureste,

por la apertura brindada para desarrollar el proyecto de tesis.

Al Ing. Esteban Inga, Director de Carrera de la Universidad

Politécnica Salesiana por su capacidad de compromiso en la Educación

Superior y al Ing. Franklin Vásquez como director de tesis por su excelente

orientación durante el desarrollo del presente trabajo de tesis.

## ÍNDICE

	Página
DECLARATORIA DE AUTORÍA:.....	I
CERTIFICA: .....	II
DEDICATORIA. ....	III
AGRADECIMIENTO. ....	IV
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>1       PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS .....</b>	<b>3</b>
1.1.1 El rayo en las culturas milenarias.....	3
1.1.2 Constitución de la atmósfera .....	3
1.1.3 Investigaciones iniciales de fenómenos electrostático.....	4
1.1.4 El campo eléctrico.....	4
1.1.5 Formación de las nubes de tormenta.....	6
1.1.6 Proceso de electrificación de las nubes de tormenta .....	6
1.1.7 Teoría de la precipitación.....	7
1.1.8 Teoría de la convección.....	8
1.1.9 Hipótesis de la temperatura de inversión de carga.....	9
1.1.10 Características generales.....	10
1.1.11 Mecanismo de formación del rayo.....	10
1.1.12 Forma de onda de descarga.....	13
1.1.13 Niveles isoceráunicos.....	14
1.1.14 Sistemas de protección contra descargas atmosféricas.....	15
1.1.15 Apartarrayos (descargadores de sobretensión.....	15
1.1.16 Características de los apartarrayos (descargadores de sobrevoltaje).....	16
1.1.17 Apartarrayos autovalvular.....	18
1.1.18 Apartarrayos de explosores y carburo de silicio.....	19
1.1.19 Apartarrayos de óxidos metálicos.....	20
1.2 Términos asociados con los apartarrayos.....	22
1.3 Hilo de guardia.....	23
1.3.1 Sistema de puesta a tierra.....	24
1.4 Elementos de un sistema de puesta a tierra.....	24
1.5 Métodos de medición de resistividad.....	28
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>30</b>
<b>2       SITUACIÓN TÉCNICA ACTUAL .....</b>	<b>30</b>
2.1 La Empresa Eléctrica Quito.....	30
2.1.1 Área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito.....	30
2.1.2 Estructura de la Empresa Eléctrica Quito.....	30
2.1.3 La división operativa de distribución zona sureste .....	33
2.1.4 Información técnica de los primarios.....	34
2.2 La subestación Sangolquí.....	34
2.2.1 Transformador de potencia de la subestación Sangolquí.....	36
2.2.1.1 Patio de 23 kV de la subestación Sangolquí.....	38
2.2.1.2 Disyuntor del alimentador para 23 kV de la subestación Sangolquí.....	40
2.2.1.3 Protecciones del alimentador para 23 kV .....	41
2.2.1.4 Salida del primario B de la subestación Sangolquí.....	42

2.2.1.5	Área de servicio del primario B de la subestación Sangolquí de la Empresa Eléctrica Quito .....	45
2.2.1.6	Potencia instalada en el primario B de la subestación Sangolquí .....	46
2.2.1.7	Hojas de estancamiento del troncal primario B de la subestación Sangolquí...	46
2.2.1.8	Abonados atendidos del primario B .....	46
2.2.1.9	Disyuntor del primario B .....	48
2.2.1.10	Protecciones del primario B de 23 kV .....	48
2.2.1.11	Disyuntor del primario C .....	48
2.2.1.12	Protecciones del primario C de 23 kV .....	48
2.2.1.13	Disposición de relés de protección en cabinas de control de la subestación Sangolquí primarios B y C .....	48
2.2.1.14	Protecciones contra descargas atmosféricas del primario B .....	49
2.2.1.15	Protecciones contra descargas atmosféricas del primario C .....	52
2.2.1.16	Distancia de separación de pararrayos en el primario B .....	53
2.2.1.17	Distancia de separación de pararrayos en el primario C .....	53
2.2.2	Aislamiento de los primarios B y C de la subestación Sangolquí .....	54
2.2.2.1	Grado de aislamiento de los primarios B y C de la subestación Sangolquí .....	54
2.2.2.2	Aisladores tipo pin en los primarios B y C de la subestación Sangolquí .....	54
2.2.2.3	Aisladores tipo suspensión en los primarios B y C de la subestación Sangolquí .....	55
2.2.2.4	El primario C de la subestación Sangolquí .....	57
2.2.2.5	Área de servicio del primario C de la subestación Sangolquí de la Empresa Eléctrica Quito .....	58
2.2.2.6	Potencia instalada en el primario C de la subestación Sangolquí .....	59
2.2.2.7	Hojas de estancamiento del troncal primario C de la subestación Sangolquí .....	59
2.2.2.8	Abonados atendidos del primario C .....	59
2.3	Reportes de fallas contra descargas atmosféricas .....	60
2.3.1	Descargas atmosféricas en la zona de Sangolquí .....	60
2.3.1.1	Número de descargas con tormenta eléctrica en la zona de Sangolquí .....	62
2.3.2	Fallas por descargas atmosféricas en los primarios B y C de la subestación Sangolquí .....	63
2.3.3	Reportes de desconexiones por descargas atmosféricas de los primarios B y C de la subestación Sangolquí .....	64
2.4	Frecuencia de fallas en los primarios B y C de la subestación Sangolquí de la Empresa Eléctrica Quito .....	65
2.4.1	Tiempos de interrupción del primario B de la subestación Sangolquí .....	67
2.4.1.1	Tiempos de interrupción del primario C de la subestación Sangolquí .....	68
2.4.2	Energía no suministrada .....	69
2.4.2.1	Frecuencia de interrupción en el primario B y en el primario C .....	71
2.4.2.2	Tiempos de interrupción en los primarios B y C .....	71
2.4.2.3	Energía no suministra por los primarios B y C .....	71
<b>CAPITULO III .....</b>		<b>74</b>
<b>3 ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE MEJORA. ....</b>		<b>74</b>
3.1	Protecciones situación actual en el primario B y C de la subestación Sangolquí .....	74
3.1.1	Aislamiento del primario B de la subestación Sangolquí .....	75
3.1.2	Aislamiento del primario C de la subestación Sangolquí .....	78
3.2	Protecciones con hilo de guardia .....	79

3.2.1	Alternativa de instalación con hilo de guardia en los primarios B y C de la subestación Sangolquí.....	79
3.2.2	Tipo de estructura a ser utilizada.....	79
3.2.2.1	Procedimiento de la instalación y materiales.....	79
3.2.3	Alternativa de disposición con aisladores.....	80
3.2.4	Alternativa con hilo de guardia en proyectos nuevos para redes de distribución.....	81
3.2.5	Influencia de las redes de 46 kV con hilos de guardia en el primario C.....	82
3.2.6	Influencia de las redes de 13.2 kV en el primario C.....	83
3.2.7	Influencia de las torres base de telefonía móvil en el primario C.....	83
3.3	Protecciones con pararrayos.....	85
3.3.1	Alternativa de instalación de hilo de guardia en un tramo en la salida de la subestación.....	85
3.3.2	Alternativas de protección con descargadores de sobretensión.....	85
3.3.3	Cambio de nivel de aislamiento considerando la distancia de fuga en aisladores 56-1 pin.....	86
3.4	Mejora de las puestas a tierra.....	86
3.4.1	Condiciones de las puestas a tierra en los primarios B y C.....	86
3.4.2	Registro de valores de resistencia de puesta a tierra obtenidos en el primario C.....	86
3.4.3	Mediciones de resistividad del suelo en los primario B y C.....	87
3.4.4	Método utilizado para la medición de resistividad específica del suelo.....	87
3.4.5	Reporte de mediciones de resistencia específica del suelo.....	89
3.4.6	Definición de conductividad.....	90
3.4.7	Conductividad del suelo de la zona.....	91
3.4.8	Alternativa de mejora de la puesta a tierra en los primarios B y C.....	91
3.4.8.1	Instalación de varillas de puesta a tierra en paralelo.....	91
3.4.8.2	Cambios de terreno que mejoren la resistividad del suelo.....	92
3.4.8.3	Tratamiento químico del suelo.....	92
3.4.8.4	Verificación de parámetros técnicos de descargadores.....	92
3.5	Análisis técnico de alternativas.....	93
3.5.1	Distancia de fuga de aisladores.....	93
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>96</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO.....</b>	<b>96</b>
4.1	Costos de inversión.....	96
4.1.1	Actualización de precios unitarios para ejecución de proyectos.....	96
4.1.1.1	Costos directos.....	96
4.1.1.2	Responsabilidad técnica.....	97
4.1.1.3	Mano de obra (grupo de trabajo).....	97
4.1.1.4	Equipos y herramientas.....	97
4.1.1.5	Vehículos.....	98
4.1.2	Costos indirectos.....	98
4.1.2.1	Gastos administrativos.....	98
4.1.2.2	Imprevistos.....	99
4.1.2.3	Utilidad.....	99
4.1.3	Resumen del cálculo del precio unitario.....	100
4.1.4	Precios para montaje de redes de distribución.....	100
4.1.5	Determinación del volumen de obra para la mejora en los primarios B y C.....	101



4.1.6	Costo de mano de obra y materiales para la mejora en los primarios B y C	112
4.2	Beneficios	113
4.2.1	Beneficio para la empresa	114
4.2.2	Beneficios para el cliente residencial	114
4.2.3	Beneficios para el cliente artesanal	114
4.2.4	Beneficios para el cliente industrial	114
4.2.5	Cálculo de costo-beneficio	115
4.2.6	Determinación de la tasa interna de retorno (TIR)	128
	CONCLUSIONES	133
	RECOMENDACIONES	135
	LISTA DE REFERENCIAS	137
	ANEXOS	139
A1.	Datos de placa del transformador de potencia de la subestación Sangolquí	140
A2.	Levantamiento de transformadores instalados en las redes del tramo troncal del primario B de la subestación Sangolquí	141
A3.	Hojas de estacamiento del primario B de la subestación Sangolquí	142
A4.	Calibración de relés del primario B de la subestación Sangolquí	144
A5.	Calibración de relés del primario C de la subestación sangolquí	145
A6.	Características de aisladores pin 56-2	146
A7.	Características de aisladores pin 56-1	147
A 8.	Características de aisladores de suspensión 52-1	148
A 9.	Características de aisladores de suspensión 52-3	149
A 10.	Levantamiento de trasformadores instalados en redes del tramo troncal del primario C de la subestación Sangolquí	150
A11.	Hojas de estacamiento del primario C de la subestación Sangolquí	152
A12.	Registro diario de estado del tiempo DAC	159
A13.	Registro diario de estado del tiempo estación Izobamba y simbología	161
A14.	Reportes de desconexiones por descargas atmosféricas en el primario C de la subestación Sangolquí	164
A15.	Estructuras con disposición para hilo de guardia y que se encuentran en servicio en el sector de San Rafael. voltaje 23 kV	166
A16.	Registro gráfico	167
A17.	Tipo de prueba	168
A18.	Costos de mano de obra para el primario B	169
A19.	Costos de materiales para el primario B	171
A20.	Proyecciones de la inversión para las alternativas planteadas	172
A21.	Índice de frecuencia media de interrupción del primario B de la subestación Sangolquí	174
A22.	Índice de frecuencia media de interrupción del primario C de la subestación Sangolquí	175
A23.	Índice de tiempo total de interrupción del primario B de la subestación Sangolquí	176
A24.	Índice de tiempo total de interrupción del primario C de la subestación Sangolquí	177
A25.	Plano primario B	178
A26.	Plano primario C	179

## ÍNDICE DE FIGURAS

### PÁGINA

FIGURA 1.1. Representación gráfica del experimento de B. Franklin .....	6
FIGURA 1.2. Acumulación de carga por el método de precipitación .....	7
FIGURA 1.3. Acumulación de carga por la teoría de la convección.....	9
FIGURA 1.4. Acumulación de carga por la hipótesis de la temperatura de inversión de carga .....	9
FIGURA 1.5. Inicio del proceso de descarga .....	11
FIGURA 1.6. Descarga a punto de incidir sobre la tierra.....	12
FIGURA 1.7. Descarga de regreso hacia la nube .....	12
FIGURA 1.8. Descarga de regreso incide en la nube .....	12
FIGURA 1.9. Forma de onda plena del impulso normalizado 1.2/50 $\mu$ s .....	13
FIGURA 1.10. Descargadores de aire en un transformador de distribución .....	16
FIGURA 1.11. Curva de operación de los dispositivos de protección contra sobre voltajes.....	17
FIGURA 1.12. Operación de los dispositivos de protección contra sobrevoltajes .....	18
FIGURA 1.13. Descargador autovalvular .....	20
FIGURA 1.14. Apartarrayos de óxidos metálicos .....	21
FIGURA 1.15. Curvas características de pararrayos de CSi, OZn y resistencia lineal ...	22
FIGURA 1.16. Zonas de protección de líneas .....	23
FIGURA 1.17. Conexiones a tierra, T1-1 .....	25
FIGURA 1.18. Conexiones a tierra, T1-2 .....	26
FIGURA 1.19. Conexiones a tierra, T1-3 .....	26
FIGURA 1.20. Conexiones a tierra.....	27
FIGURA 1.21. Análisis de la resistencia de puesta a tierra .....	27
FIGURA 1.22. Método de Wenner .....	29
FIGURA 1.23. Método de Schlumberger .....	29
FIGURA 2.1. Organigrama de la Empresa Eléctrica Quito .....	33
FIGURA 2.2. Diagrama unifilar subestación Sangolquí (55).....	35
FIGURA 2.3. Disyuntores de los primarios B y C subestación Sangolquí .....	35
FIGURA 2.4. Montaje de pararrayos en MV/BV en el transformador de la subestación Sangolquí .....	37
FIGURA 2.5. Ubicación de los pararrayos en el lado de 23 kV en el transformador de la subestación Sangolquí .....	37
FIGURA 2.6. Ubicación de los pararrayos en el lado de 46 kV en el transformador de la subestación Sangolquí .....	38
FIGURA 2.7. Ubicación de los equipos de protección, seccionamiento, medición y salidas de cables unipolares del primario B .....	39
FIGURA 2.8. Diagrama unifilar primarios B y C.....	40
FIGURA 2.9. Salidas del primario B subestación Sangolquí .....	42
FIGURA 2.10. Equipo de protección contra descargas atmosféricas instalado en el primario B de la subestación Sangolquí .....	43
<b>FIGURA 2.11.</b> Recorrido del primario B subestación Sangolquí.....	44
FIGURA 2.12. Diagrama unifilar del primario B Sangolquí.....	45
FIGURA 2.13. Tablero 5 de relés primarios B y C .....	49
FIGURA 2.14. Estructura externa del pararrayos varistar 18 kV, 15.3 MCOV .....	51

FIGURA 2.15. Estructura interna del pararrayos varistar 18 kV, 15.3 MCOV, con el detalle de las resistencias MOV .....	52
FIGURA 2.16. Dimensiones de aislador pin 56-2 .....	55
FIGURA 2.17. Dimensiones de aislador pin 56-1 .....	55
FIGURA 2.18. Aislador de suspensión 52-1 .....	56
FIGURA 2.19. Aislador de suspensión 52-3 .....	56
FIGURA 2.20. Cambio de dirección del primario C Sangolquí .....	57
FIGURA 2.21. Disposición de los equipos de protección contra descargas atmosférica .....	58
FIGURA 2.22. Diagrama unifilar del primario C Sangolquí .....	58
FIGURA 2.23. Descargas atmosféricas primario B .....	66
FIGURA 2.24. Descargas atmosféricas primario C .....	66
FIGURA 2.25. Tiempo de interrupción por descargas atmosféricas B .....	68
FIGURA 2.26. Tiempo de interrupción por descargas atmosféricas .....	69
FIGURA 3.1. Ubicación de pararrayos del primario B en el poste de salida de la subestación Sangolquí .....	74
FIGURA 3.2. Aisladores pin 56-1 y 56-2 .....	76
FIGURA 3.3. Aislador de suspensión 52-3 .....	78
FIGURA 3.4. Cadena de aisladores de suspensión 52-1 .....	78
FIGURA 3.5. Alternativa de instalación con perfil “I” para sujeción de hilo de guardia .....	80
FIGURA 3.6. Montaje tipo para hilo de guardia para instalaciones nuevas .....	81
FIGURA 3.7. Ángulo de protección en líneas de subtransmisión, a la izquierda de la figura se puede observar la red de primario C .....	83
FIGURA 3.8. Influencia de las torres de las estaciones base de telefonía móvil en el primario C .....	84
FIGURA 3.9. Diagrama de instalación de picas .....	88
FIGURA 4.1. Diagrama de flujo de inversiones .....	126

## ÍNDICE DE TABLAS

## PÁGINA

### CAPÍTULO II

#### SITUACIÓN TÉCNICA ACTUAL

Tabla 2.1. Datos de placa del disyuntor de los primarios B y C .....	36
Tabla 2.2. Características del cable de salida de los primarios B y C.....	39
Tabla 2.3. Valores de calibración del relé de alimentación de 23 kV .....	41
Tabla 2.4. Clientes atendidos del primario B .....	47
Tabla 2.5. Especificaciones eléctricas de protección del pararrayos AZS .....	50
Tabla 2.6. Especificaciones aislamiento del pararrayos AZS .....	50
Tabla 2.7. Especificaciones de sobrevoltaje temporal del pararrayos AZS .....	51
Tabla 2.8. Especificaciones pararrayos Hubbell PDV .....	52
Tabla 2.9. Distancias de instalación de pararrayos en el primario C de la subestación Sangolquí .....	53
Tabla 2.10. Clientes atendidos del primario C .....	60
Tabla 2.11. Registro de Datos de Tormentas con Descargas Atmosféricas, Sector Aeropuerto M. Sucre .....	61
Tabla 2.12. Resumen de Datos de Días de tormenta con descargas Atmosféricas, Estación Izobamba.....	62
Tabla 2.13. Datos de niveles cerámicos .....	62
Tabla 2.14. Densidad de rayos .....	63
Tabla 2.15. Desconexiones por descargas atmosféricas primario B .....	65
Tabla 2.16. Desconexiones por descargas atmosféricas primario C .....	65
Tabla 2.17. Tiempo de interrupción por descargas atmosféricas, B .....	68
Tabla 2.18. Tiempo de interrupción por descargas atmosféricas, C .....	69
Tabla 2.19. Energía no suministrada, años 2008, 2009 y 2010 primario B .....	72
Tabla 2.20. Energía no suministrada, años 2008, 2009 y 2010 primario C .....	73
Tabla 3.1. Especificación de aislador pin 56-2 .....	75
Tabla 3.2. Especificación de aislador pin 56-1 .....	76
Tabla 3.3. Especificaciones de aislador de suspensión 52-3.....	77
Tabla 3.4. Especificación de aisladores de suspensión 52-1 .....	77
Tabla 3.5. Radio de Protección (M) Mod Conic .....	84
Tabla 3.6. Mediciones de resistencia de puesta a tierra .....	87
Tabla 3.7. Mediciones de resistividad del suelo en diferentes sitios de los primarios B y C Sangolquí .....	90
Tabla 3.8. Análisis de suelo de la zona del primario B y C .....	91
Tabla 3.9. Características eléctricas de pararrayos instalados en los dos primarios B y C .....	93
Tabla 3.10. Característica eléctrica del aislador tipo pin .....	94
Tabla 3.11. Característica eléctrica del aislador tipo pin .....	94
Tabla 3.12. Característica eléctrica del aislador tipo suspensión .....	95
Tabla 4.1. Precios unitarios por estructura .....	100
Tabla 4.2. Resumen de volumen de obra para hilo de guardia en la salida de la subestación en el primario B .....	101
Tabla 4.3. Valoración de mano de obra y materiales en el primario B, para la alternativa hilo de guardia en la salida de la subestación .....	101
Tabla 4.4. Resumen de volumen de obra para distancia de fuga en aisladores pin en el primario B .....	102

Tabla 4.5. Valoración de mano de obra y materiales en el primario B, para la alternativa distancias de fuga en aisladores .....	103
Tabla 4.6. Resumen de volumen de obra para instalación de descargadores de sobretensión en el primario B .....	104
Tabla 4.7. Valoración de mano de obra y materiales en el primario B, para la alternativa, instalación de pararrayos o descargadores de sobretensión.....	104
Tabla 4.8. Resumen de volumen de obra para instalación de descargadores de sobretensión en el primario troncal B.....	105
Tabla 4.9. Valoración de mano de obra y materiales en el primario B, para la alternativa instalación de hilo de guardia en todo el primario.....	105
Tabla 4.10. Resumen de volumen de obra para hilo de guardia en la salida de la subestación en el primario C .....	107
Tabla 4.11. Valoración de mano de obra y materiales en el primario C, para la alternativa hilo de guardia en la salida de la subestación .....	107
Tabla 4.12. Resumen de volumen de obra para distancia de fuga en aisladores pin ....	108
Tabla 4.13. Valoración de mano de obra y materiales en el primario C, para la alternativa, distancias de fuga en aisladores .....	108
Tabla 4.14. Resumen de volumen de obra para instalación de descargadores de sobretensión en el primario C .....	109
Tabla 4.15. Valoración de mano de obra y materiales en el primario C, para la alternativa, instalación de pararrayos.....	110
Tabla 4.16. Resumen de volumen de obra para instalación de descargadores de sobretensión en todo el tramo troncal del primario C .....	111
Tabla 4.17. Valoración de mano de obra y materiales en el primario C, para la alternativa, instalación de hilo de guardia en todo el primario .....	111
Tabla 4.18. Resumen de los costos de mano de obra y materiales .....	113
Tabla 4.19. Ingreso por venta de energía subestación Sangolquí, primario B y C .....	117
Tabla 4.20. Precio de compra por kWh en la subestación Sangolquí, primario B y C	118
Tabla 4.21. Precio de compra por kWh en la subestación Sangolquí, primario B y C	120
Tabla 4.22. Gasto anual en el primario B y C de la subestación Sangolquí .....	122
Tabla 4.23. Tiempo y valor por descargas atmosféricas .....	123
Tabla 4.24. Utilidad anual por primario B y C de la subestación Sangolquí .....	123
Tabla 4.25. Estado de pérdidas y ganancias proyectado .....	124
Tabla 4.26. Flujo de efectivo proyectado .....	125
Tabla 4.27. Resumen del VAN por alternativas .....	127
Tabla 4.28. Cálculo de la TIR .....	130
Tabla 4.29. Cálculo de la TIR (N° 2) .....	131

## INTRODUCCIÓN

La Empresa Eléctrica Quito al formar parte del sector eléctrico ecuatoriano, como empresa concesionaria en la provincia de Pichincha debe cumplir con los estándares de calidad de servicio eléctrico; en los últimos años el crecimiento poblacional en sectores rurales ha sido alto, lo que conlleva una mayor demanda de energía en estos sectores, expandiendo también las políticas de calidad de la Empresa Eléctrica Quito, ya no solo a la ciudad como tal.

Para poder cumplir con los parámetros de calidad en las zonas aledañas a la ciudad, se ha evaluado los índices de desconexiones o pérdidas de suministro; por ejemplo en el valle de los Chillos, debido a que esta zona en particular se encuentra dentro del perfil montañoso de Rumipamba y Selva Alegre, presenta la formación acumulativa de fenómenos atmosféricos con descargas de rayos que afectan las redes de distribución en los primarios B y C.

La desconexión de los primarios debido a descargas atmosféricas, ocasionan perjuicios, tanto para el abonado como para la Empresa Eléctrica Quito. Por lo que se hace necesario disminuir estas interrupciones del servicio eléctrico, considerando la política de la calidad de la EEQSA.

La Empresa Eléctrica Quito considera que es necesaria la actualización de las condiciones operativas de estos primarios, por esta razón se recoge y analizan la información relacionada con las interrupciones provocadas por descargas atmosféricas de los dos primarios B y C proponiendo una alternativa para reducir el número de interrupciones, evaluando el punto técnico – económico de esta.

Para lo cual se hace un compendio de los datos estadísticos relacionados con tormentas eléctricas proporcionados por la DAC (Dirección de Aviación Civil) y el INAMHI (Instituto Nacional de Metrología e Hidrología) para los sectores del Aeropuerto Mariscal Sucre de Quito y de la zona del Valle de los Chillos.

Esta información se la obtiene para lograr evaluar los parámetros isoceráunicos de la zona de Sangolquí.

Así mismo con trabajos de campo y con los equipo de medición de resistividad del suelo y resistencia de puesta a tierra se verifican las condiciones actuales de éstos valores con los recomendados en las Normas de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito.

Durante el proceso planificado para llegar a conocer todo el tramo de los primarios B y C , se verificaron las especificaciones de los aislamientos utilizados en las redes de distribución así como las fallas en los aisladores provocadas por las descargas atmosféricas.

Los tiempos de desconexión por fallas son recopilados y evaluados económicamente para determinar los costos por energía no vendida que posteriormente nos permitirán ver los resultados con cada uno de las alternativas.

Se hace el análisis económico aplicando los conceptos establecidos en economía, para establecer si la alternativa planteada es la más adecuada.

# **CAPÍTULO I**

## **PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

### **1.1 El rayo en las culturas milenarias**

Las descargas atmosféricas son fenómenos naturales que se presentan por la separación de las cargas eléctricas en las nubes. Este fenómeno ha causado la admiración y el temor desde tiempos remotos. Se ha encontrado en investigaciones realizadas a las culturas milenarias en las que el rayo era parte de su mitología y leyenda. Entre las principales culturas se menciona la cultura Acadia que simboliza al rayo con una alegoría de una diosa parada sobre un hombre alado tras del cual se encuentra el Dios del tiempo lanzando rayos.

En la cultura china el rayo es representado por espejos que son sostenidos por la diosa Tien-Mu. De la cultura griega se menciona en su mitología al dios Zeus como el dios de los rayos. En la india el rayo fue asociado con los dioses Indra y Rudra. En los países nórdicos los rayos fueron asociados con el dios Thor. Las culturas Mayas y Aztecas también relacionaron a los dioses de la lluvia con los rayos. En el Cusco los Incas construyeron el Coricancha, templo en el cual estaba el dios Iliapa.

#### **1.1.1 Constitución de la atmósfera**

La tierra se encuentra cubierta de una capa de aire de varios kilómetros llamada Atmósfera. La capa de aire más cercana a la superficie terrestre es la tropósfera esta tiene una altura de aproximadamente 10 kilómetros, en ella se producen todos los fenómenos atmosféricos que influyen en el clima terrestre. Para el presente estudio son de interés las descargas atmosféricas ocasionadas por la acumulación de carga electrostática en las nubes.

Al presentarse una acumulación de cargas electrostáticas en las nubes se forma un campo eléctrico entre la nube y la tierra, teniendo como elemento aislante el aire, un gas compuesto de varios elementos. Este campo se incrementa, llegando a tal punto en el cual, la variación de potencial entre la nube y tierra, es mayor a la que puede soportar



el volumen de aire que las separa, se pierde la propiedad aislante del mismo y se produce un arco eléctrico al que se le denomina RAYO.[2]

Al presentarse estos fenómenos cerca de los sistemas eléctricos compuestos de: generadores, líneas de transmisión, subestaciones y redes de distribución, producen perturbaciones, como sobrevoltajes; estas perturbaciones pueden ser muy leves de modo que el sistema no sufra alteración o pueden llegar a ocasionar la salida de servicio parcial o total del sistema eléctrico.

Las redes de distribución son los elementos más sensibles ante las descargas atmosféricas y al presentarse una, por lo general, ocasionan la desconexión de la red de distribución, afectando el suministro del servicio eléctrico a los clientes y produciendo pérdidas económicas a la empresa distribuidora.

### **1.1.2 Investigaciones iniciales de fenómenos electrostático**

La existencia de cargas eléctricas estáticas y su acumulación pueden ser conocidas mediante experimentos sencillos; por ejemplo al pasar una peinilla por el cabello en un día seco por la fricción entre el peine y el cabello se produce una acumulación de carga, al acercar dicho peine cargado de electricidad estática a unos pedacitos de papel se puede observar que son atraídos. El mismo fenómeno es observado cuando se frota con seda una barrita de vidrio o de caucho. Los materiales que se comportan de ésta manera se dice que se encuentran cargados eléctricamente o electrificados.

Fue Benjamín Franklin quién asignó los nombres de carga positiva y carga negativa a los materiales que se comportan como la barrita de caucho y vidrio. Los cuerpos cargados de esta manera crean fuerzas eléctricas de atracción y repulsión.

### **1.1.3 El campo eléctrico**

La distribución de cargas en un medio material crea un campo eléctrico  $\mathbf{E}$ . El campo eléctrico  $\mathbf{E}$  tiene efecto sobre las cargas eléctricas estacionarias o en movimiento. “*El campo eléctrico  $\mathbf{E}$  en un punto del espacio se define como la fuerza eléctrica  $F_e$  que*

*actúa sobre una carga de prueba positiva  $q_0$  colocada en dicho punto, dividida entre la magnitud de la carga de prueba”<sup>1</sup>*

Según el sistema internacional (SI), las unidades del campo eléctrico son newton por coulomb (N/C).

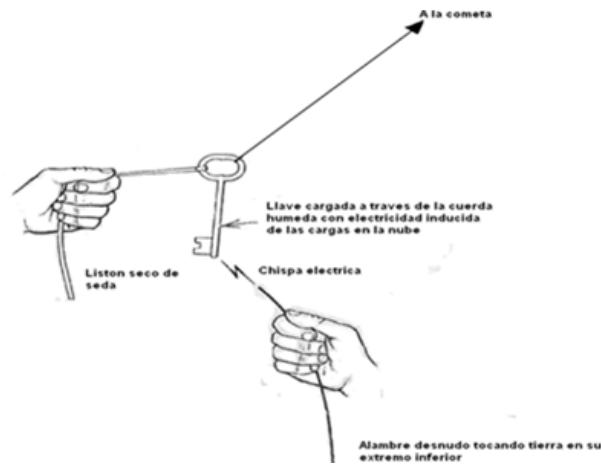
Fue Benjamín Franklin en 1752 quien utilizando su histórico experimento con una cometa demostró que el fenómeno de los rayos tiene características similares a las que obtenía con su máquina productora de chispas eléctricas. Para esto elevó una cometa en el aire a grandes alturas durante una tormenta. La cometa fue fabricada con seda para que no se mojara y sujetó un alambre puntiagudo cuya punta estaba dirigida hacia arriba en la parte superior de la cometa.

Cuando ésta había alcanzado suficiente altura, amarró el cordón de la cometa al anillo de una llave y el otro extremo sujetó con un listón de seda aislante, esto lo hizo bajo un cobertizo de tal manera que ni él ni el listón de seda se mojaran. Mantuvo la cuerda de la cometa firme sujetando el cordón seco de seda, de tal manera que cualquier carga eléctrica que pudiera bajar a lo largo de la cuerda húmeda de la cometa, apareciera en la llave, evitando que esta descarga pase a través de su cuerpo hacia tierra.

A continuación sujetó el extremo de un alambre en su mano (el otro extremo del alambre tocaba la tierra húmeda) y así obtuvo chispas de la llave hacia el alambre conectado a tierra. Este experimento demostró que los rayos son causados por descargas eléctricas de la atmósfera. [9]

---

<sup>1</sup>R. A. Serway, R. J. Beichner, “ Física Para Ciencias e Ingeniería”, 5ta Edición, México, Editorial McGraw-Hill, 2001, vol. 2



**FIGURA 1.1.**Representación gráfica del experimento de B. Franklin<sup>2</sup>

#### **1.1.4 Formación de las nubes de tormenta**

Siendo las nubes el origen de las descargas atmosféricas se describirá a continuación el fenómeno de formación de nubes. Todo el proceso tiene lugar en la primera capa de aire que rodea la superficie de la tierra llamada Tropósfera. Como se señaló anteriormente ésta se extiende hasta una altura de 10 km, y es en ésta capa en donde, teniendo como punto de partida el ciclo del agua con las condiciones de presión y temperaturas variables se forman los diferentes tipos de nubes.

La acumulación de cristales de hielo y pequeñas gotas de agua al estar suspendidas en la atmósfera, hacen visibles los diferentes tipos de nubes. De acuerdo a la altura en que éstas se forman, los meteorólogos las identifican con los siguientes nombres: cúmulos, altostratus, cirrus, cumulusnimbus.

##### **1.1.4.1 Proceso de electrificación de las nubes de tormenta**

Durante décadas se han expuesto varias teorías para explicar los mecanismos de separación de las cargas eléctricas en el interior de las nubes siendo éstas: la teoría de la precipitación, convección y la hipótesis de la temperatura de inversión de carga.

---

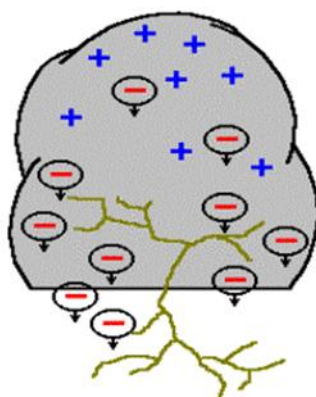
<sup>2</sup>H. A. Romanowist, “Introducción a los circuitos eléctricos”, 5ta. Edición, México, Editorial Cecs, 1984

### 1.1.5 Teoría de la precipitación

Los investigadores Físicos Elster y Geitel en el año 1885 exponen su teoría de la precipitación, basándose en las observaciones “*de que las gotas de agua se aceleran hacia la tierra a causa de la gravedad, mientras las gotas más pequeñas (neblina) permanecen suspendidas en el aire o se elevan al ascender el aire más caliente*”<sup>3</sup> y en su recorrido colisionan con las gotas pequeñas (neblina) obteniéndose la transferencia de carga negativa a las gotas grandes.

La cantidad de carga que se puede transferir durante las colisiones depende, “*Del ángulo de contacto con respecto a la dirección del campo E. Del tiempo de relajación de la carga (tiempo necesario para la redistribución de la carga)*”<sup>4</sup>

De ésta manera en la nube de tormenta se forma, en la parte inferior, un exceso de carga negativa y por la ley de la conservación de la carga, en la parte superior, se forma la acumulación de cargas positivas, de esta manera se forma una estructura dipolar en la nube de tormenta [4]



**FIGURA 1.2. Acumulación de carga por el método de precipitación<sup>5</sup>**

---

<sup>3</sup> A P Sakis Meliopoulos, Protección contra Rayos y Sobrevoltaje. 13 era. Edición. Editorial McGraw-Hill, México, 2000

<sup>4</sup>Teoría sobre la generación de cargas Electro-atmosféricas (Rayos”, O. Carreto, F. Martín [Online], Disponible en: <http://www.pararrayos-cts.com/fenomeno/formacion.htm>

<sup>5</sup>Teoría sobre la generación de cargas Electro-atmosféricas (Rayos”, O. Carreto, F. Martín [Online], Disponible en: <http://www.pararrayos-cts.com/fenomeno/formacion.htm>

### **1.1.6 Teoría de la convección**

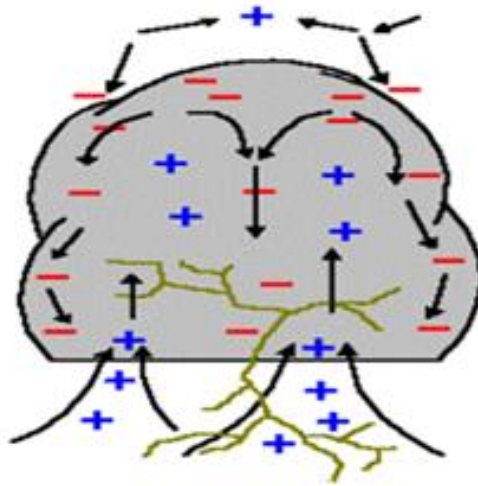
El proceso se basa en la transferencia de partículas cargadas de un lugar de la nube a otro por medio de las corrientes de aire ascendente y descendente que se generan en el interior de la nube de tormenta eléctrica. Las cargas eléctricas se producen por el choque de los rayos cósmicos contra las moléculas de aire que producen dos tipos de iones, positivos y negativos.

Otro mecanismo de generar las cargas eléctricas es por las descargas de corona que se manifiestan en todas las superficies afiladas en las cuales la superficie es reducida, por lo tanto se obtienen densidades de carga elevadas. De ésta manera se forma una estructura dipolar en la nube de tormenta.

La teoría de la precipitación y de la convección tienen lugar simultáneamente, aunque se trate de dos fenómenos distintos ambas teorías tratan a las nubes como un dipolo negativo. Mediciones realizadas por Simpson consideran al dipolo con polaridad positiva mientras que las mediciones realizadas por Wilson consideran como dipolo negativo.

La contradicción entre las dos mediciones ha sido superada al formular que la estructura de la nube es tripolar, dependiendo del punto de referencia en la observación realizada.  
[4]

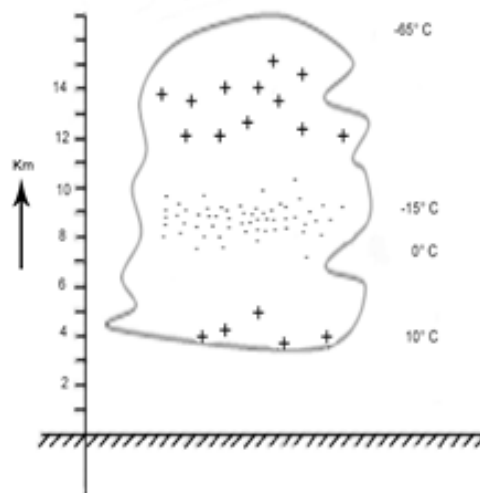
Tanto la teoría de la precipitación como la de la convección no demuestran todos los fenómenos que ocurren en el interior de una nube; por ejemplo cuando se rompen las gotas grandes adquieren carga positiva sin embargo esta hipótesis no explica la carga positiva mayor en las gotas de precipitación debajo de las cargas negativas de la nube. Así mismo la presencia de carga positiva a alturas menores a 4 kilómetros ocasionados por la fundición de los cristales de hielo al caer por gravedad.



**FIGURA 1.3. Acumulación de carga por la teoría de la convección<sup>6</sup>**

### **1.1.7 Hipótesis de la temperatura de inversión de carga**

La hipótesis de la temperatura de inversión de carga se sustenta en las mediciones realizadas durante tres décadas. De ésta manera se ha logrado explicar la naturaleza tripolar de las nubes de tormenta. El fenómeno que ocurre se produce por el choque de partículas de hielo con gránulos de nieve, aproximadamente a 6 km de altura de la superficie de la tierra, a ésta altura se considera una temperatura de -15 grados Celsius.



**FIGURA 1.4. Acumulación de carga por la hipótesis de la temperatura de inversión de carga<sup>7</sup>**

<sup>6</sup>“Teoría sobre la generación de cargas Electro-atmosféricas (Rayos”, O. Carretro, F. Martín [Online], Disponible en: <http://www.pararrayos-cts.com/fenomeno/formacion.htm>

### 1.1.8 Características generales

La generación y separación de las cargas que se producen en las nubes por los mecanismos de convección ocasionan el aumento de la energía eléctrica del sistema. En un momento determinado el campo eléctrico o el potencial llega a un valor crítico, produciéndose la descarga eléctrica o rayo. Esta descarga libera la energía acumulada en la nube y redistribuye la carga electrostática en el suelo, en la atmósfera y en la propia nube de tormenta.

Las descargas tipo rayo observadas; han sido clasificadas en descargas nube-nube (dentro de la nube o entre nubes) y descargas nube-tierra. Así mismo las descargas nube-tierra pueden ser positivas o negativa.

### 1.1.9 Mecanismo de formación del rayo

Las descargas atmosféricas se originan en las nubes cargadas eléctricamente con carga positiva y carga negativa; éstas dan como resultado la formación de un campo eléctrico entre nubes y entre nubes y tierra. Se han utilizado equipos especializados para el análisis de las descargas atmosféricas y los reportes obtenidos nos indican que la mayoría de las descargas se inicia cuando existe un fuerte campo eléctrico. Generalmente la descarga se inicia desde la carga negativa de la nube, ésta descarga inicial se la conoce como *descarga líder*.

Al aproximarse ésta descarga hacia la tierra se crea un fuerte campo eléctrico induciendo una carga positiva; al encontrar la carga positiva a la carga negativa (*descarga líder*), se crea un camino de conducción entre la nube y la tierra, dando como resultado la descarga atmosférica. La velocidad de la descarga líder es de una milésima parte de la velocidad de la luz y su descenso se produce por tramos hasta encontrar una región, en donde exista una gran acumulación de carga positiva. Se ha verificado que los tramos durante el descenso de la descarga son entre 10 a 200 m. El tiempo que tarda la descarga en su recorrido desde la nube a tierra es de aproximadamente 20 milisegundos.

---

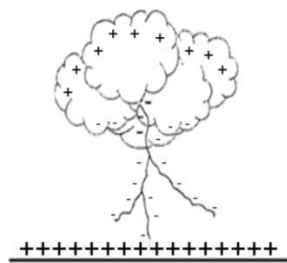
<sup>7</sup>A P. Sakis Meliopoulos, “ Protección Contra Rayos y Sobrevotajes”, 13era Edición, Mexico, Editorial McGraw-Hill, 2000, Vol IV

Al encontrarse la descarga a 100 m sobre la superficie de la tierra se produce el encuentro con la carga positiva inducida anteriormente por la *descarga líder* y provoca la descarga eléctrica. Como consecuencia de la descarga el campo eléctrico cambia de polaridad; la tierra se hace negativa con respecto a la carga positiva en la nube lo que provoca una nueva descarga en éste caso de tierra a nube llamada *descarga de regreso*.

En el trayecto de retorno se generan elevadas temperaturas entre 15000 y 20000 grados Celsius, los que generalmente provoca la iluminación del aire a su alrededor. Cada descarga de retorno provoca un pulso de corriente unidireccional, alcanzando un valor de cresta en pocos microsegundos para disminuir en decenas de microsegundos. [10]

Se conoce como descargas múltiples al fenómeno por el cual luego de la primera *descarga de retorno* en su trayecto se generan partículas ionizadas remanentes y al existir suficiente carga en la nube se provoca una nueva descarga.

Según Yebra Morón (“Sistemas Eléctricos de Distribución”; 2009) “*se han podido observar de dos a tres descargas múltiples y en situaciones especiales hasta cuarenta descargas múltiples, el conjunto de las descargas constituye un rayo*”<sup>8</sup>



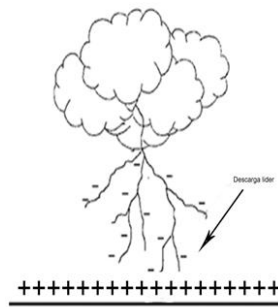
**FIGURA 1.5. Inicio del proceso de descarga<sup>9</sup>**

---

<sup>8</sup>J. A. Yebra Morón, “Sistemas Eléctricos de Distribución”, Editorial Reverté, 2009.

<sup>9</sup>Ibid.

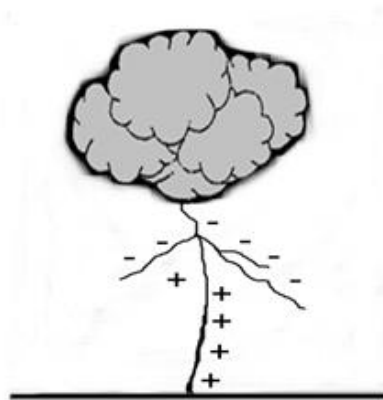




**FIGURA 1.6. Descarga a punto de incidir sobre la tierra<sup>10</sup>**



**FIGURA 1.7. Descarga de regreso hacia la nube<sup>11</sup>**



**FIGURA 1.8. Descarga de regreso incide en la nube<sup>12</sup>**

---

<sup>10</sup>J. A. Yebra Morón, “Sistemas Eléctricos de Distribución”, Editorial Reverté, 2009.

<sup>11</sup>Ibid

<sup>12</sup>Ibid.

## 1.2 Forma de onda de descarga

Como se señaló anteriormente las descargas de retorno provocan pulsos de corriente unidireccional. Mediciones realizadas determinan en casos extremos corrientes de 200 kA, pero se acepta como valores promedios entre 15 kA y 20 kA. La duración de la descarga oscila entre un 20 a 30 microsegundos y unos 2 a 3 milisegundos.

La forma de onda de tensión en la línea por la descarga atmosférica considera la onda formada por la relación matemática del tipo  $i = I_{max} (e^{-at} - e^{-bt})$  denominada onda de impulso en la que se definen las siguientes características.[2]

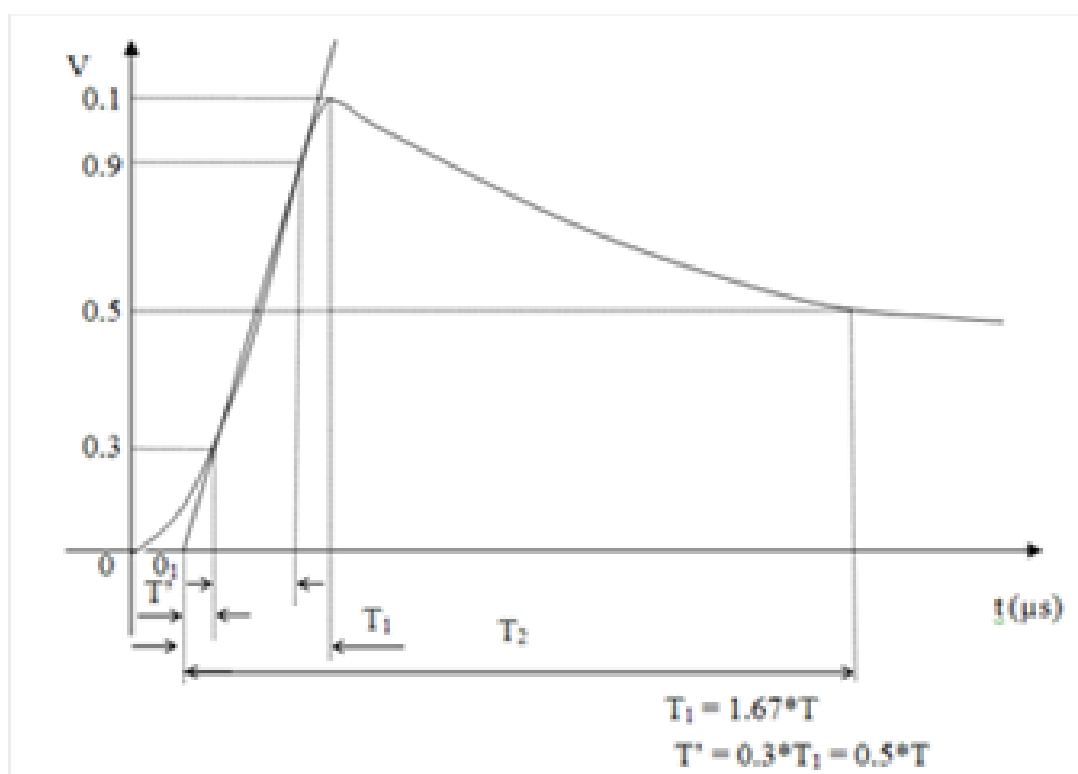


FIGURA 1.9. Forma de onda plena del impulso normalizado 1.2/50  $\mu s$ <sup>13</sup>

El valor pico es la máxima amplitud de la onda, medida desde la referencia del voltaje, con una tolerancia de  $\pm 3\%$ . El tiempo de frente  $T_1$ , es el primer tiempo que, medido desde un tiempo virtual  $T_{01}$ , transcurre entre el 35 y el 90% del valor pico, multiplicado por 1.67. La duración del lapso será  $T_1 = 1.2 \pm 30\% \mu s$  esto es  $0.8 \leq T_1 \leq 1.6 \mu s$ . El

<sup>13</sup>“Generador impulsos atmosféricos” [Online], Disponible en:  
<http://www.monografias.com/trabajos66/generador-impulsos-atmosfericos/generador-impulsos-atmosfericos2.shtml>

tiempo de cola  $T_2$ , es el mayor tiempo que transcurre hasta alcanzar el 50% del máximo valor pico. Su valor es  $T_2 = 50 \pm 20\% \mu s$  ó  $40 \leq T_2 \leq 60 \mu s$ .

Donde  $T_1$  es el tiempo virtual de un impulso atmosférico el cual es de 1.67 veces el intervalo de tiempo transcurrido entre los instantes cuando un impulso tiene como valores 30% y 90% del valor pico. Tales instantes se denominan puntos A y B del frente de onda. Esto significa que:

$$T_1 = 1.67 \cdot (T'_{90} - T'_{30}) \quad (1.1)$$

También  $T_2$  es el intervalo entre el origen virtual  $O_1$  y el instante en el tiempo cuando el voltaje ha disminuido a la mitad del valor pico. Por lo que  $T_2$  se llama tiempo de cola del impulso, el cual es: [11]

$$T_2 = (t_{50} + 0.5 \cdot t_{90} - 1.5 \cdot t_{30}) \quad (1.2)$$

### 1.2.1 Niveles isoceráunicos

La frecuencia con que ocurren los rayos en una determinada zona, es uno de los parámetros que son considerados en la implementación de los equipos de protección. Según Sakis (2000), se considera día de tormenta “*Un día de tormenta se define como un período de 24 horas en el que se ha oído por lo menos un trueno*”<sup>14</sup>

La recolección de los datos por las estaciones meteorológicas se basa en las observaciones y no en mediciones. Se han creado modelos matemáticos que definen la densidad de descargas de rayos de nube a tierra por unidad de área en función del nivel isoceráunico. El investigador Anderson sugiere la siguiente expresión:

$$N_1 = 0.12 \cdot T \quad (1.3)$$

Dónde:

- $N_1$  es la densidad de rayos a tierra por  $km^2$  por año.
- $T$  es el número de días de tormenta

---

<sup>14</sup>A. P. Sakis Meliopoulos, “Protección Contra Rayos y Sobrevoltajes”, 13era Edición, México, Editorial McGraw-Hill, 2000, Vol. IV.

### **1.2.2 Sistemas de protección contra descargas atmosféricas**

En todos los sistemas de energía eléctrica pueden ocurrir sobretensiones en las líneas eléctricas originadas por descargas atmosféricas directas o indirectas, que se transfieren a estas por efecto inductivo, capacitivo y conductivo. Por esta razón, para lograr la confiabilidad de las redes eléctricas se recurre a diferentes sistemas de protección contra éstos sobrevoltajes. La protección a ser aplicada implica la coordinación del sistema de aislamiento con la instalación de los dispositivos de protección apropiados en los sitios más vulnerables del sistema eléctrico.

Es decir que el dispositivo de protección, ante un sobrevoltaje, actúe o entre en funcionamiento, antes que se alcancen los valores de tensión del aislamiento de los elementos instalados en la red eléctrica.

Con la instalación de estos equipos y sistemas de protección se logra disminuir los efectos destructivos por descargas atmosféricas. Estos dispositivos de protección son:

1. Apartarrayos (descargadores de sobrevoltaje)
2. Apartarrayos auto valvulares
3. Hilo de guardia
4. Sistema de puesta a tierra.

### **1.2.3 Apartarrayos (descargadores de sobretensión)**

Inicialmente los Apartarrayos se diseñaron únicamente para filtrar los sobre voltajes por descargas atmosféricas, utilizándose los dispositivos llamados cuernos de arqueo.

Estos dispositivos de protección se construyen con dos electrodos metálicos instalados en los bushings de media tensión de los transformadores de distribución, separados por una distancia previamente establecida, como se muestra en la Figura 1.10.



**FIGURA 1.10. Descargadores de aire en un transformador de distribución<sup>15</sup>**

Cuando el voltaje entre los extremos excede el valor de permisividad del aire que los separa, se produce el arco entre los electrodos, este valor de voltaje es función de la distancia de separación de los electrodos y del tiempo de duración de la descarga. [12]

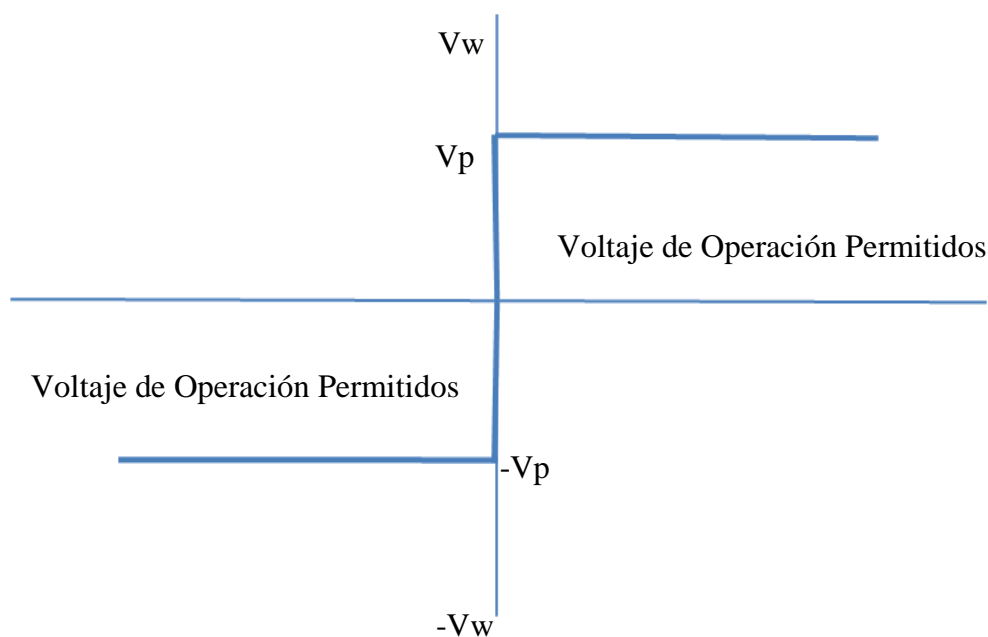
Con el tiempo los apartarrayos fueron diseñados para proteger las sobretensiones internas del sistema; por lo que a estos equipos se les conoce como descargadores de sobretensión.

#### **1.2.4 Características de los apartarrayos (descargadores de sobrevoltaje)**

Un dispositivo que opere por sobre voltaje debe en caso ideal responder a la curva corriente –voltaje de acuerdo a la Figura 1.11 y limitar el voltaje que aparece en un dispositivo eléctrico por debajo de un valor llamado nivel de protección. [4]

---

<sup>15</sup>Cuernos de arqueo”, archivo fotográfico el autor



**FIGURA 1.11. Curva de operación de los dispositivos de protección contra sobre voltajes<sup>16</sup>**

*"Específicamente, si el voltaje entre las terminales del dispositivo de protección es menor que el nivel de protección, el dispositivo debe tener entonces una impedancia infinitamente grande. Si el voltaje entre las terminales del dispositivo de protección es mayor que el nivel de protección, el dispositivo debe permitir el paso de la corriente eléctrica a través del mismo, de tal manera que el voltaje quede sujeto al valor del nivel de protección"*<sup>17</sup>

De lo antes dicho se puede decir que el dispositivo de protección contra sobre voltajes está conectado directamente a la línea y se encuentra normalmente abierto y calibrado para operar cuando la tensión entre línea y tierra pasa de determinado valor filtrando los frentes de onda.

Generalmente el tipo de onda de sobretensión es del tipo 1.2/50  $\mu$ s en donde 1.2 es el tiempo de subida de la onda y 50 es el tiempo de cola.

<sup>16</sup>A. P. Sakis Meliopoulos, "Protección Contra Rayos y Sobrevoltajes", 13era Edición, México, Editorial McGraw-Hill, 2000, Vol. IV.

<sup>17</sup>Ibid.

Como anteriormente se señaló un dispositivo de protección contra sobrevoltaje ideal puede ser analizado como un circuito eléctrico mediante las operaciones de cierre y apertura por sobrevoltaje

En la Figura 1.12 (a), el sobrevoltaje del punto A, en el cual está ubicado dicho dispositivo no sobrepasa el valor de voltaje previamente determinado o también llamado voltaje de operación ( $V_{op}$ ); en esta condición el dispositivo se mantiene abierto y no hay circulación de corriente a tierra. En la Figura 1.12 (b), la onda de sobrevoltaje supera el valor previamente determinado  $V_{op}$ ; de esta manera el dispositivo se cierra y existe circulación de corriente a tierra.

Esta corriente que circula está formada por dos componentes: la que acompaña a la onda de sobrevoltaje ( $I_{sv}$ ) y la corriente propia de la red del sistema esto es ( $I_{60}$ ). En la Figura 1.12 (c), la onda de sobrevoltaje es menor que el voltaje de operación, en estas condiciones si el voltaje de la onda es menor que un valor llamado voltaje de recierre ( $V_{rc}$ ) el dispositivo se abre; éste voltaje de recierre corresponde a la corriente propia de la red del sistema ( $I_{60}$ ).

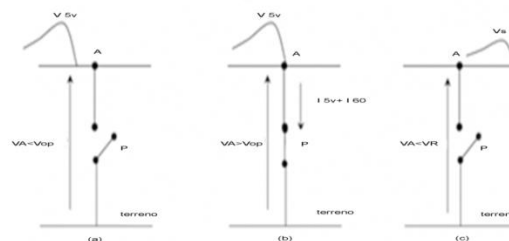


FIGURA 1.12. Operación de los dispositivos de protección contra sobrevoltajes<sup>18</sup>

### 1.2.5 Apartarrayos autovalvular

Con el tiempo los apartarrayos fueron evolucionando en su construcción y funcionamiento dando paso a los apartarrayos autovalvulares. Dentro de éste grupo se los clasifica en:

- Apartarrayos de explosores y carburo de silicio y

<sup>18</sup> Disponible en: <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/1069/4/T10879CAP5.pdf>.

- Apartarrayos de óxidos metálicos

#### **1.2.6 Apartarrayos de explosores y carburo de silicio**

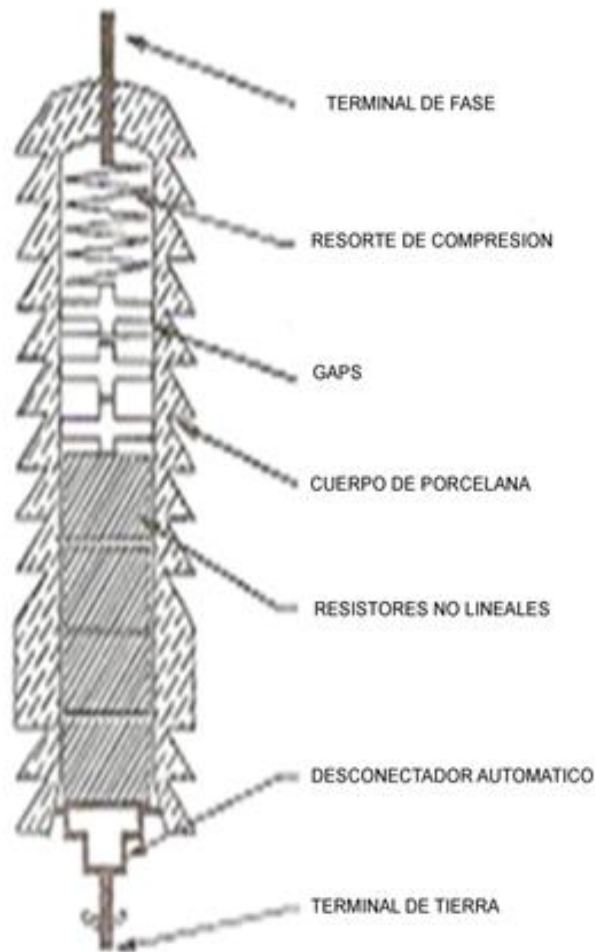
Los apartarrayos de explosores y carburo de silicio forman parte de los apartarrayos auto-valvulares. Los objetivos para lograr el funcionamiento eficaz de los apartarrayos originó nuevas investigaciones, logrando obtenerse un aglomerado de material resistivo (SiC) carburo de silicio, con características variables, es decir que posea una resistencia alta con voltajes menores y una resistencia menor con voltajes mayores.

De ésta manera se lograba disponer de un equipo similar a una válvula de seguridad el mismo que operaba únicamente bajo las condiciones establecidas de voltaje y eliminaba las oscilaciones que se producían en los descargadores de aire. [14]

En general un descargador auto-valvular está formado por un explosor en serie con una resistencia variable [15], como se indica en la Figura 1.13, en su diseño se utiliza un grupo de explosores que se encuentran aislados entre si y unidos con resistencias no lineales de carburo de silicio.

Todo el conjunto se encuentra en el interior de un recipiente tubular de material cerámico, sellados las partes superior e inferior con anillos metálicos en los cuales se instalan los terminales para las conexiones a la línea activa de tensión y el otro terminal al conductor de puesta a tierra.





**FIGURA1.13. Descargador autovalvular<sup>19</sup>**

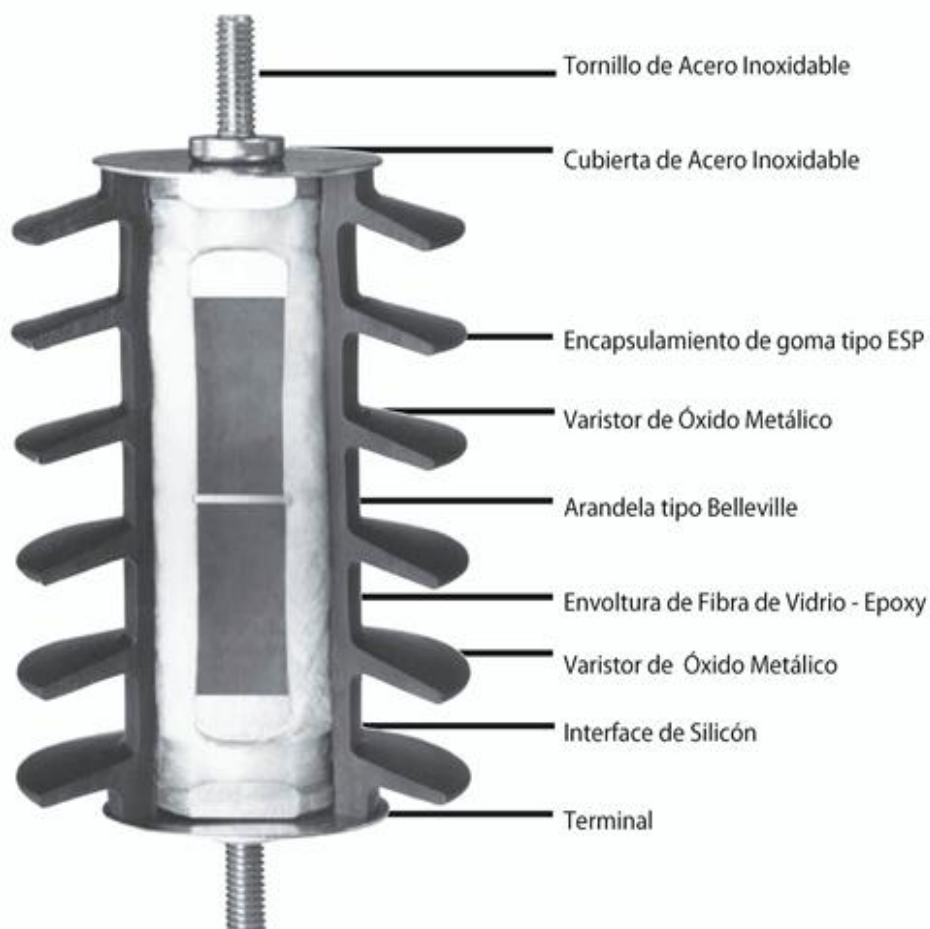
### **1.2.7 Apartarrayos de óxidos metálicos**

Con el propósito de que los descargadores de sobrevoltaje se acerquen al funcionamiento ideal, es decir que las resistencia no lineales tengan un coeficiente más elevado, se continuó con las investigaciones logrando obtenerse mediante la composición de partículas de (ZnO) óxido de Zinc con un material semiconductor, un descargador que adicionalmente absorbía las pérdidas de energía por conducción.

---

<sup>19</sup>G. Enríquez Harper, “Elementos de Protección de Sistemas Eléctricos Teoría y Práctica, Cap 6, Coordinación de aislamiento”, p 384, Editorial Limusa, 1era Edición, México 2008

### Vista interna de una unidad Apartarrayo



**FIGURA 1.14. Apartarrayos de óxidos metálicos<sup>20</sup>**

Su construcción externa es similar a la de los apartarrayos de explosores y carburo de silicio, eliminándose únicamente los explosores, como se muestra en la FIGURA 1.14.

A continuación se muestra la comparación de la característica V-I de los apartarrayos de (SiC) carburo de silicio y (ZnO) óxido de zinc.

<sup>20</sup>«Iluminación y Alta tensión»[Online],Disponible en:<http://gama.fime.uanl.mx/-omeza/pro/EquipoElectrico.pdf>

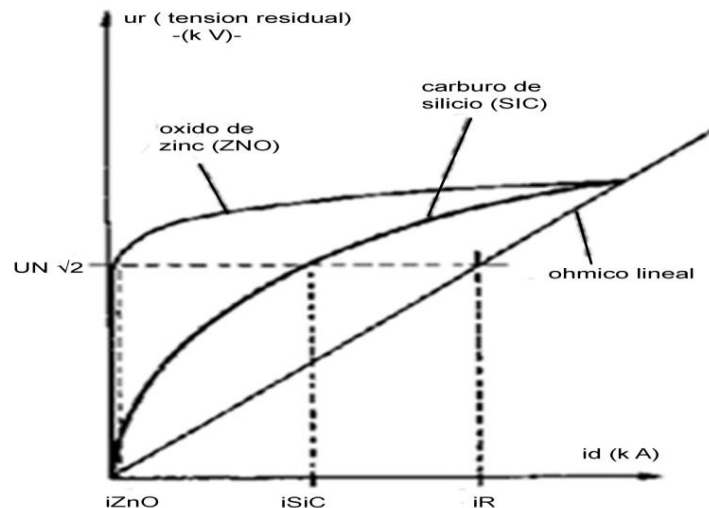


FIGURA1.15. Curvas características de pararrayos de CSi, OZn y resistencia lineal<sup>21</sup>

### 1.2.8 Términos asociados con los apartarrayos

Los términos especificados en los pararrayos son:

- Tensión nominal del apartarrayos; es el valor máximo que se puede aplicar a un pararrayo.
- Tensión máxima de operación en régimen continuo (MCOV); es el valor de tensión máxima al cual opera continuamente el pararrayo.
- Frecuencia nominal; es la frecuencia normal de trabajo.
- Corriente de descarga de un pararrayo; es la corriente que pasa por el pararrayo durante un impulso.
- Corriente de descarga nominal de un pararrayo; es el valor pico de la corriente de descarga con una onda de prueba de impulso normalizada de 8x20 microsegundos.
- Corriente continua de un descargador de sobretensión; es la corriente que circula por el pararrayo cuando se aplica la tensión de operación.
- Tensión residual de un descargador de sobretensión; es el valor de tensión que aparece en bornes del pararrayo durante la circulación de la corriente de descarga.

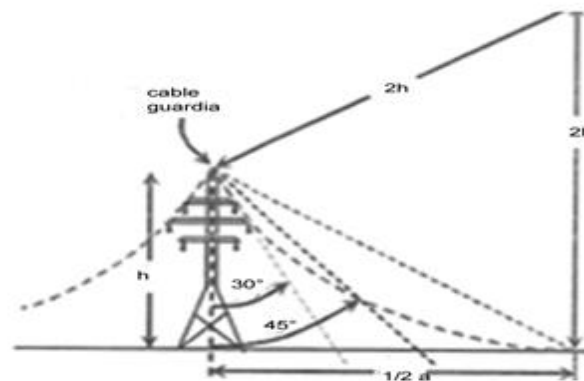
---

<sup>21</sup>“Descargadores”[Online], Disponible en: [www.ing.unlp.edu.ar/sisplot/Libros%202007/libros/altatens/at07/cap7.htm](http://www.ing.unlp.edu.ar/sisplot/Libros%202007/libros/altatens/at07/cap7.htm)

### 1.3 Hilo de guardia

Las líneas aéreas por su extensión son difíciles de proteger contra sobretensiones. En la fase de construcción el aislamiento se diseña para que pueda soportar sobretensiones de maniobra que puedan ocurrir o sobretensiones por descargas atmosféricas directas. En regiones con altas probabilidades de descargas atmosféricas, las líneas aéreas se protegen mediante la instalación de conductores de guardia, los mismos que van en la parte superior de los hilos de fase, de ésta manera pueden interceptar directamente los rayos y conducirlos a tierra.

Esta protección no es total, ya que pueden ocurrir descargas laterales a las líneas. Estudios experimentales han demostrado que la protección con hilo de guardia instalado a una altura  $h$  del suelo, es efectiva en el área limitada mediante la construcción geométrica de una circunferencia de radio igual a 2 veces la altura ( $2h$ ), que pasa por el hilo de guardia y es tangente al suelo. [2]



**FIGURA1.16. Zonas de protección de líneas<sup>22</sup>**

Con algunas salvedades especialmente en la zona protegida por dos hilos de guardia vecinos, se puede decir que la protección es buena bajo los conductores de guardia que estén dentro de un ángulo de 30 grados con la vertical y que la protección no es tan buena hasta 45 grados.

---

<sup>22</sup>W.Brokering, R. Palma, “Los Sistemas Eléctricos de Potencia”, 1era Edición, México, Editorial Pearson Prentice Hall, 2008, p 343

Los conductores de guardia al ser instalados para protección están formados por materiales que no representen mayor costo pero que tengan una adecuada resistencia mecánica. Dependiendo del nivel isocerámico es factible instalar hilos de guardia en tramos de líneas en donde exista mas probabilidad de caída de rayos. [2]

### **1.3.1 Sistema de puesta a tierra**

En los sistemas eléctricos de potencia (SEP) se denomina tierra al electrodo clavado en la tierra y que servirá de referencia de voltaje con los otros niveles de tensión del sistema. Un SEP puede contar con dispositivos, equipos y puntos de medición de voltaje. El nombre asignado de Tierra es uno de los componentes del SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

El diseño de un sistema de puesta a tierra sigue procedimientos similares ya sea si son instalaciones de: telecomunicaciones, protección contra descargas atmosféricas o instalaciones de sistemas de cómputo; además de considerar las potencias de cortocircuito.

Un sistema de puesta a tierra se diseña para drenar las corrientes de falla, sean estas por descargas atmosféricas o cortocircuitos.

### **1.3.2 Elementos de un sistema de puesta a tierra**

De manera general un sistema de puesta a tierra esta formado por:

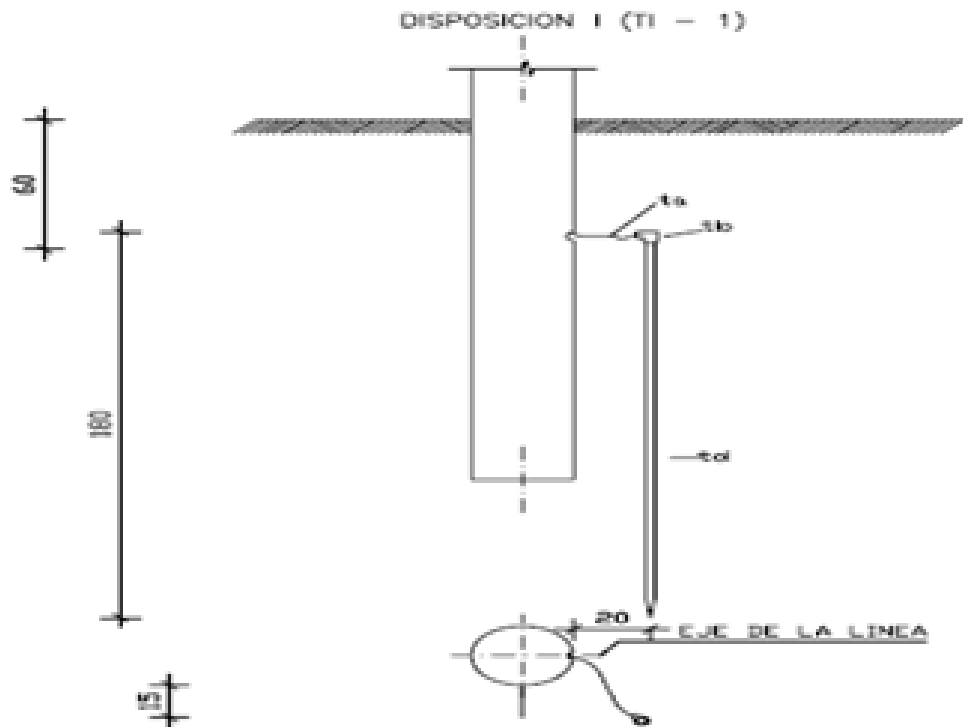
- El terreno o suelo en el que se disipará la energía.
- Electrodo de tierra.
- Conductores de puesta a tierra y
- Conexiones de puesta a tierra.

**Resistividad del Suelo.** En el análisis de la resistividad del suelo intervienen varios parámetros, uno de los cuales es la geometría del electrodo de puesta a tierra. Existen diferentes formas de construir las tomas de tierra, pudiendo ser:

- Mediante una varilla clavada en el suelo ,T1-1.

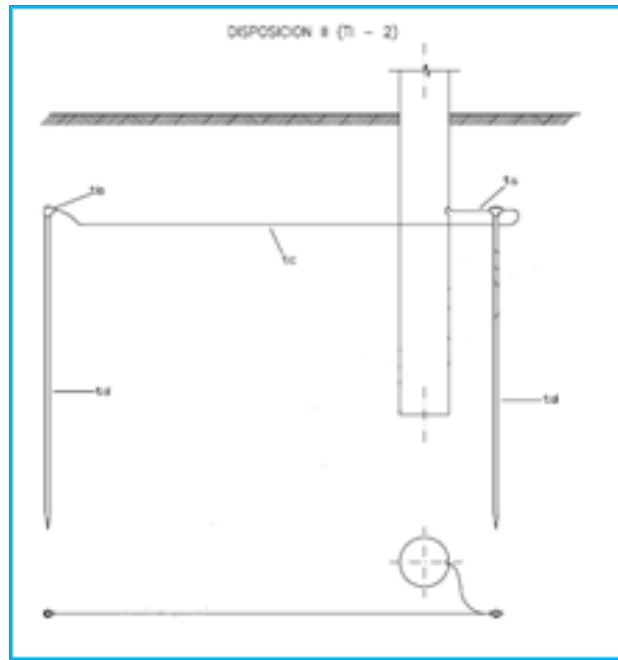
- Con dos varillas enterradas en el suelo, T1-2.
- Tres varillas hincadas en el suelo, T1-3.
- Una malla de conductores y varillas enterradas en el suelo.

En las FIGURA 1.17, FIGURA 1.18, y FIGURA 1.20 que se muestran a continuación se ilustran estas disposiciones de construcción.

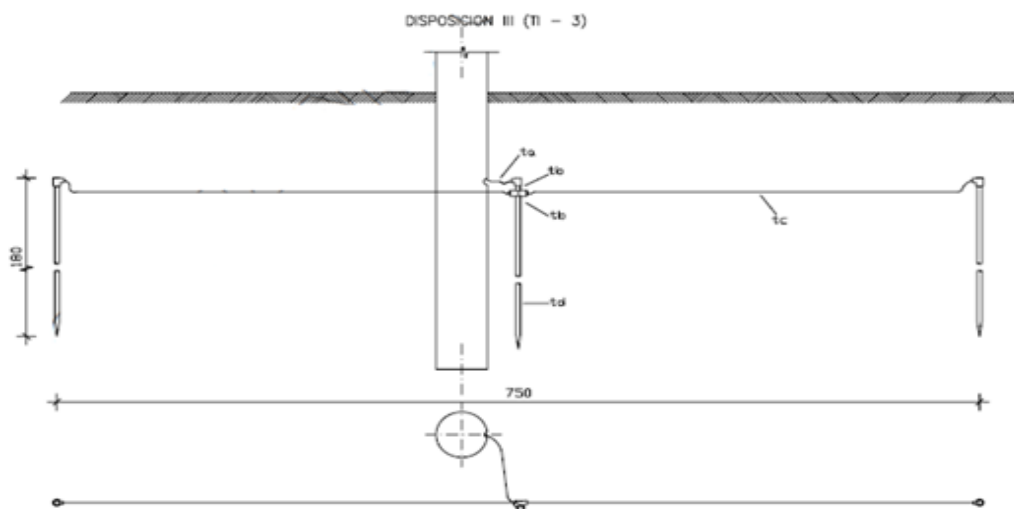


**FIGURA 1.17. Conexiones a tierra, T1-1<sup>23</sup>**

<sup>23</sup>Normas de Distribución EEQ, "V4"



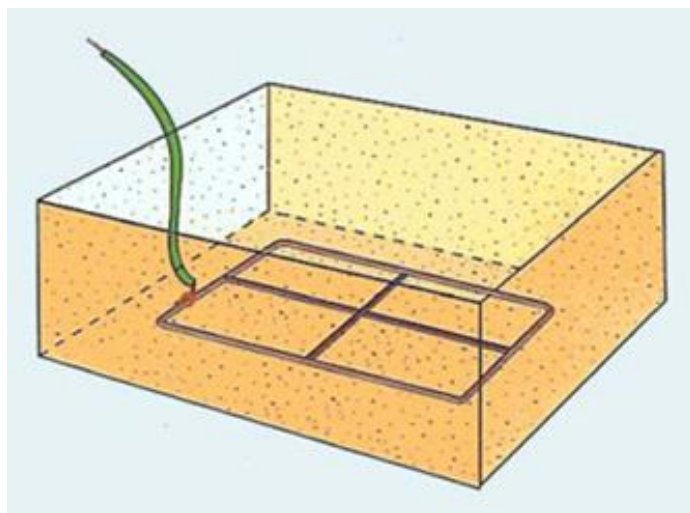
**FIGURA 1.18. Conexiones a tierra, T1-2<sup>24</sup>**



**FIGURA1.19. Conexiones a tierra, T1-3<sup>25</sup>**

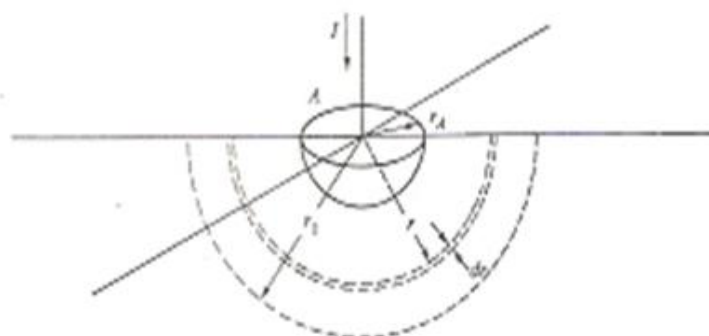
<sup>24</sup>Normas de Distribución EEQ, “V4”

<sup>25</sup>Ibid.”



**FIGURA 1.20. Conexiones a tierra**<sup>26</sup>

El análisis de la resistencia de puesta a tierra se puede realizar considerando al electrodo como una semiesfera enterrada en el suelo en la que se inyecta corriente; ésta corriente circula radialmente por el interior del suelo el mismo que para el análisis se supone de resistividad uniforme y de extensión infinita.[20]



**FIGURA 1.21. Análisis de la resistencia de puesta a tierra**<sup>27</sup>

La resistividad ( $\rho$ ) es un parámetro característico del suelo que indica la dificultad a la circulación de corriente.. Para un conductor la resistencia eléctrica  $R$  es igual a:

<sup>26</sup>“Mallas de tierra” [Online], Disponible en: [http://www.procobre.org/archivos/.../mallas\\_detierra\\_en\\_edificaciones.pdf](http://www.procobre.org/archivos/.../mallas_detierra_en_edificaciones.pdf)

<sup>27</sup>R.J. Eaton, “Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica”, Editorial Prentice Hall, p 307, USA, 1973



$$R = \rho \frac{l}{s} \quad (1.4)$$

La ecuación nos muestra que la resistencia en un parámetro que depende de la geometría del conductor siendo, longitud( $l$ ), área superficial de la semiesfera ( $s$ ) y de un factor característico( $\rho$ ) que determina las propiedades propias del suelo llamada resistividad específica.

Al inyectar corriente al electrodo semiesférico, la corriente fluye por el interior del suelo atravesando la superficie imaginaria de la semiesfera. Mientras se aleja la corriente del centro de la semiesfera con radio  $r_A$  hasta el punto con radio  $r_1$ , el área de la superficie cada vez es mayor, de ésta manera mediante el cálculo integral se puede determinar el valor de la resistencia  $R$ .

La misma que al despejar  $\rho$  se obtiene Ec. 1.5

$$\rho = \frac{R \cdot s}{l} \quad (1.5)$$

### 1.3.3 Métodos de medición de resistividad

Existen dos métodos para determinar el valor de resistividad  $\rho$ , los dos métodos utilizan cuatro varillas o electrodos, los mismos que se disponen en línea recta luego de que ha sido determinado el sitio probable para la instalación del sistema de puesta a tierra.

Uno de los métodos es el llamado Schlumberger, el mismo que utiliza cuatro electrodos; los dos extremos son los de corriente y los dos interiores de potencial.

En el método de *Wenner*, como se muestra en la Figura 1.22, los electrodos van separados por la misma distancia debiéndose variar la separación entre electrodos para cada medición que se realice.

Así mismo en el método llamado Schlumberger Figura 1.23, se utiliza cuatro electrodos; los dos extremos son los de corriente y los dos interiores de potencial. Este método se diferencia del método de *Wenner* únicamente por la forma del sondeo que se realiza con los electrodos de potencial.

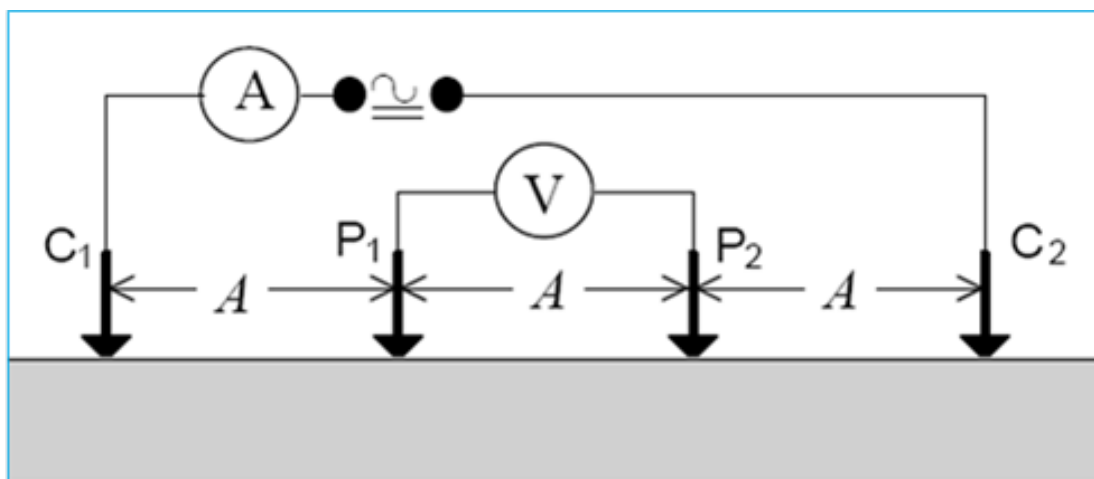


FIGURA1.22. Método de Wenner<sup>28</sup>

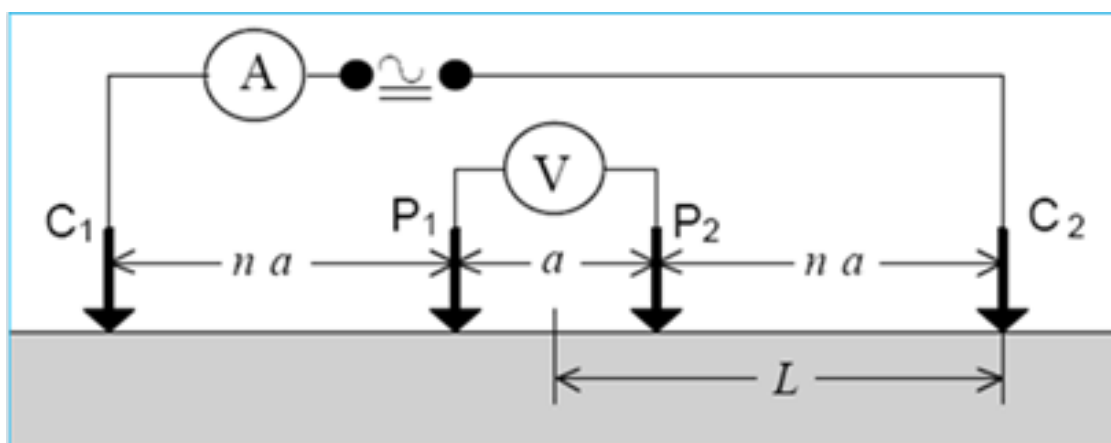


FIGURA 1.23. Método de Schlumberger<sup>29</sup>

<sup>28</sup>Medición de la resistividad en terrenos” [Online], Disponible en:  
<http://es.scribd.com/doc/52849773/6/Medicion-de-la-resistividad-en-terrenos>.

<sup>29</sup>Ibid.

## **CAPÍTULO II**

### **SITUACIÓN TÉCNICA ACTUAL**

#### **2.1 La Empresa Eléctrica Quito**

La Empresa Eléctrica Quito actualmente cumple medio siglo desde su fundación, tiempo durante el cual ha sido parte del desarrollo de la ciudad de Quito, de la provincia de Pichincha y del País.

Son estas razones lo que han permitido ubicarlas dentro de las empresas eléctricas más eficientes del país, tal como lo señala la revista Vistazo, que la ubica en el puesto número 16 dentro de las 100 empresas más importantes del Ecuador en el año 2006. [21]

La infraestructura técnica de la Empresa Eléctrica Quito comprende la instalación de 6 Centrales de Generación Hidráulica y 2 Centrales de Generación Térmica. Esta potencia es distribuida a las 37 subestaciones de distribución establecidas en el sector urbano o rural. En la actualidad se contabilizan 165 primarios de redes de distribución en el área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito, de los cuales 64 primarios recorren los sectores urbanos o rurales con un nivel de tensión de 23 kV y 101 primarios a 6.3 kV.

##### **2.1.1 Área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito**

La Empresa Eléctrica Quito cubre un área de 14971 km<sup>2</sup> que comprenden a los cantones: Quito, Rumiñahui, Mejía, Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de Los Bancos, parte de Puerto Quito y Cayambe en la provincia de Pichincha y parte de Quijos y El Chaco en la provincia de Napo.

##### **2.1.2 Estructura de la Empresa Eléctrica Quito**

El nivel productivo y de servicio de la Empresa Eléctrica Quito para alcanzar la excelencia empresarial y ubicarla entre las mejores a nivel de sudamérica, está respaldada por la organización estructural y administrativa que le permite cumplir con el objetivo principal de atención al cliente; de esta manera la Empresa Eléctrica Quito está integrada por los siguientes niveles.

**Nivel Directivo:**

Junta General de Accionistas

Directorio

**Nivel ejecutivo:**

Gerente General

Asesoría de Nivel Directivo:

Auditoría General

Comisarios

Asesoría del Nivel Ejecutivo:

Asesoría Jurídica

Secretaría General

Relaciones Públicas

Responsabilidad Social

Nivel Operativo y de Apoyo:

Dirección de Generación

División de Planificación Técnica

División de Generación

División de Operación y Mantenimiento

División de Diseño y Construcción

División de Ingeniería Civil

## Dirección de Distribución

División de Ingeniería de Distribución

División de Ejecución y Recepción de Obras

División de Operativa de Distribución

## Dirección de Comercialización

Cal Center

Departamento de Pérdidas Comerciales

División Zona Quito

División Zona Periférica

## Dirección Administrativa

Dirección de Servicios Generales

División de Recursos Humanos

División de Desarrollo Organizacional

División de Tecnología de la información y Comunicaciones

## Dirección de Finanzas

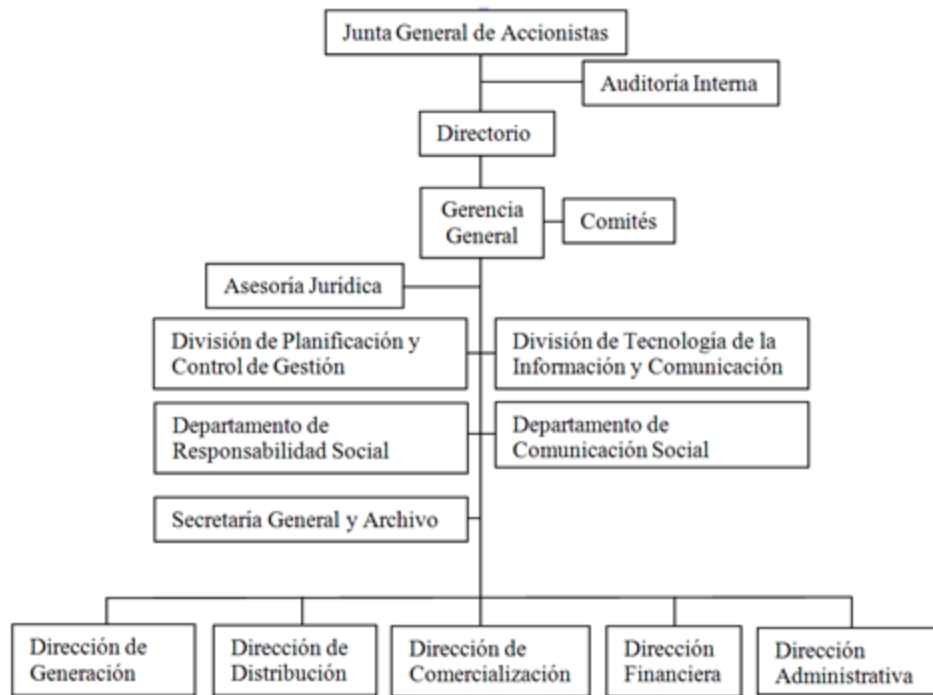
División de Programación Económica y Presupuestaria

División de Contabilidad

Departamento de Tesorería

División de Adquisiciones

División de Bienes y Bodegas



**FIGURA 2.1. Organigrama de la Empresa Eléctrica Quito<sup>30</sup>**

### **2.1.3 La división operativa de distribución zona sureste**

Dentro de la estructura de la Empresa Eléctrica Quito, la División operativa de distribución de la zona sureste es el área encargada del mantenimiento de los primarios y redes de distribución que comprende los sectores de San Rafael, El Tingo, La Merced, Alangasí, Conocoto, Sangolquí, Amaguaña, Machachi, Aloasí, para lo cual su estructura está definida de la siguiente manera:

- Jefe de División
- Jefe de Departamento
- Jefe de Sección
- Supervisión
- Grupos de Operación Zona Agencia Sangolquí
- Grupos de Operación Zona Agencia Conocoto
- Grupos de Mantenimiento de redes de Distribución
- Grupo de Líneas Energizada.

<sup>30</sup>EEQ. (Online): <http://www.eeq.com.ec/upload/informacionPublica/20110407040752.pdf>.

#### **2.1.4 Información técnica de los primarios**

Los primarios B y C atienden la demanda aproximada de 8.09MVA y 1.58 MVA respectivamente con un total de más de 11000 abonados.

Construido hace más de dos décadas en la que se utilizaron elementos eléctricos y equipos de protección, que en la actualidad han tenido considerables adelantos tecnológicos.

Razón por la cual se ha considerado realizar el presente estudio de mejora para disminuir las desconexiones por descargas atmosféricas.

### **2.2 La subestación Sangolquí**

La subestación Sangolquí ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia Sangolquí, sector El Corazón; es una subestación de transferencia pues al patio de maniobras llega la línea a 46kV de la central Paschoa y salen dos líneas de transmisión hacia la subestación San Rafael y hacia la Subestación Enkador. Adicionalmente de la barra de 46 kV alimenta a la subestación N° 55 Sangolquí. En la subestación se encuentra instalado un transformador de 15 MVA de potencia nominal, el mismo que puede abastecer una capacidad de 20 MVA con refrigeración de aire forzado, relación de transformación 46/23 kV.

Según datos recogidos de la página oficial de la Empresa Eléctrica de Quito, la calidad de servicio de ésta Subestación es baja por cuanto tiene un tiempo de desconexiones de 89.85 horas y 79 desconexiones automáticas.

De la barra de 23 kV, Figura 2.2 salen cinco primarios A, D, E y los primarios B y C; nos enfocaremos en estos dos últimos para evaluar su nivel de protección contra descargas atmosféricas.



**FIGURA 2.2. Diagrama unifilar subestación Sangolquí (55)<sup>31</sup>**

Los primarios B y C de acuerdo a uno de los reportes del 29 de Octubre del 2009 registran cargas de 63.48 A y 60.48 A respectivamente.

Los primarios son protegidos con los disyuntores instalados en el patio de maniobras como se muestra en la Figura 2.3 con las características técnicas indicadas en la tabla 2.1.



**FIGURA2.3.Disyuntores de los primarios B y C subestación Sangolquí<sup>32</sup>**

---

<sup>31</sup>EEQ. (2011, July) “Centro de control de la EEQ”

<sup>32</sup>“Disyuntores Patio de maniobras”, archivo fotográfico el autor.



**Tabla 2.1. Datos de placa del disyuntor de los primarios B y C<sup>33</sup>**

Modelo	VEE36-12-25		
Nº de Serie	5160(B),5288(C)		
Año	2007		
Norma	IEC 62271-100		
Ur	36 kVef	Ir	1250 A
Up	170 kVcr	Isc	25 kAef
fr	50/60 Hz	tk	3 s

Siendo los primarios B y C de la subestación Sangolquí los encargados del transporte de la energía desde la subestación hacia los centros de consumo, en su recorrido los postes se encuentran instalados en los sitios definidos y establecidos de acuerdo a las normas de distribución de la EEQ, previa la obtención del certificado vial proporcionado por la Administración del Municipio de la Zonas del Valle de los Chillos; sin embargo es necesario corregir las distancias de seguridad que deben mantener las redes primarias con las construcciones civiles específicamente en el sector de Santa Isabel y en la calle Paccha. De acuerdo a la normativa esta separación debe ser de 2.0 m en sentido horizontal.

### **2.2.1 Transformador de potencia de la subestación Sangolquí**

La subestación Sangolquí dispone de un transformador marca Yorkshire Electric Transformer Co. Ltda. Fabricado de acuerdo a las normas ANSI C.57 12.00-1973. Con una potencia de 15/20 MVA, los datos de placa se encuentran en el Anexo 1, el mismo que transforma el nivel de tensión de 46 kV a 23 kV. En la salida de los bushings de 23 kV se encuentran los tres descargadores de sobretensión (pararrayos) para la protección contra descargas atmosféricas.

De la misma forma existen instalados juegos de pararrayos en el lado de 46 kV. Esta disposición se muestra en las Figuras: 2.4,2.5 y 2.6.

---

<sup>33</sup> Manual de mantenimiento de subestaciones EEQ



**FIGURA2.4. Montaje de pararrayos en MV/BV en el transformador de la subestación Sangolquí<sup>34</sup>**



**FIGURA2.5. Ubicación de los pararrayos en el lado de 23 kV en el transformador de la subestación Sangolquí<sup>35</sup>**

---

<sup>34</sup>Disyuntores Patio de maniobras” , archivo fotográfico el autor

<sup>35</sup>Pararrayos en el lado de 28kV, archivo fotográfico el autor



**FIGURA 2.6. Ubicación de los pararrayos en el lado de 46 kV en el transformador de la subestación Sangolquí<sup>36</sup>**

#### **2.2.1.1 Patio de 23 kV de la subestación Sangolquí**

En el patio de 23 kV y de acuerdo a la Figura 2.3, se encuentran las barras colectoras de cobre tubular de 3 pulgadas de diámetro, que son protegidas con el disyuntor de alimentación.

Desde las barras colectoras y mediante conductores de cobre de calibre 250MCM llegan hasta los seccionadores verticales instalados en los pórticos del patio de maniobras de la subestación, para continuar al interruptor de corte en vacío, transformadores de corriente (T/C) y la salida con cable unipolar subterráneo para 25 kV.

---

<sup>36</sup> Pararrayos en el lado de 46 kV, archivo fotográfico el autor



**FIGURA2.7. Ubicación de los equipos de protección, seccionamiento, medición y salidas de cables unipolares del primario B<sup>37</sup>**

El cable subterráneo XAT monopolar instalado, presenta las siguientes características, mismas que se detallan en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2. Características del cable de salida de los primarios B y C<sup>38</sup>**

Cable de Media Tensión , 25 kV, XAT, Unipolar , 100% N.A.			
Calibre (MCM)	Diámetro(mm)	Número de Hilos	Capacidad de conducción (A)
250	14,63	36	440

---

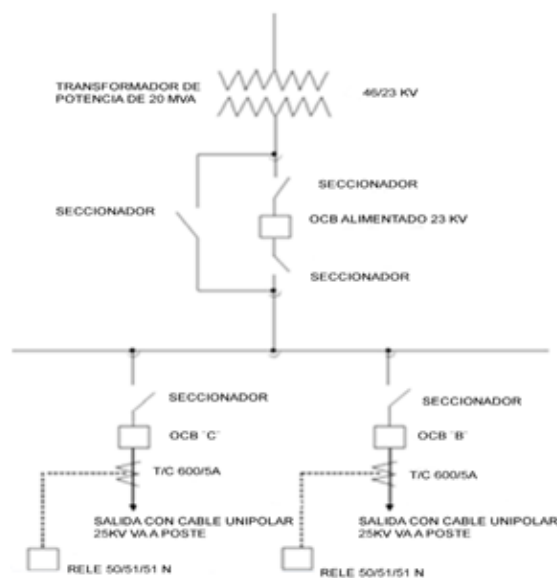
<sup>37</sup>Salida del Primario B, Archivo fotográfico el autor

<sup>38</sup>Catálogo Cables Comerciales Phelps Dodge.

### 2.2.1.2 Disyuntor del alimentador para 23 kV de la subestación Sangolquí

Para visualizar la disposición de los equipos de protección se utilizan los diagramas unifilares, en los que se especifican las características más esenciales que se requieren para los análisis y calibración de los relés de protección.

En el diagrama unifilar de la Figura 2.8 se muestra únicamente la disposición de los equipos de protección correspondientes a los primarios B y C de la subestación Sangolquí.



**FIGURA 2.8. Diagrama unifilar primarios B y C<sup>39</sup>**

La protección para el sistema de 23 kV se realiza con el disyuntor principal (interruptor de corte en vacío) Marca EMA industria argentina, año 2007, Ur 36 kUef, Ir 1250 Aef, Up170 kVcr, Isc 25 kAef, fr 50/60Hz.

---

<sup>39</sup>Diagrama unifilar Primarios B y C, el autor.

### 2.2.1.3 Protecciones del alimentador para 23 kV

Las señales de corriente y potencial llegan hasta los tableros de control en donde se ubican los relés de protección con las calibraciones indicadas a continuación:

**Tabla 2.3. Valores de calibración del relé de alimentación de 23 kV<sup>40</sup>**

DATOS DE CALIBRACIÓN DE RELÉS DEL ALIMENTADOR DE 23 kV , SUBESTACIÓN SANGOLQUÍ			
Transformadores de Corriente  T/C		Relación	600/5 A
Transformadores de potencial  T/P		Relación	23000/115 V
Relé , Siemens, 7SJ645, Versión 4.8			
Ajustes			
Sobrecorriente por fase instantáneo  (NO HABILITADO)	50	Tap	
		Lever	
Curva IEC			
Sobrecorriente de neutro instantáneo  (NO HABILITADO)	50N	Tap	
		Lever	
Curva IEC			
Sobrecorriente por fase temporizada	51	Tap	5.03 A
		Lever	0.07 s
Curva IEC		Normal Inversa	
Sobrecorriente de neutro temporizado	51N	Tap	1.75 A
		Lever	0.15 s
Curva IEC		Normal Inversa	

<sup>40</sup>Dpto. de Sistemas Eléctricos de Potencia EEQ, 2011

#### 2.2.1.4 Salida del primario B de la subestación Sangolquí

Mediante salida con cable subterráneo calibre 3x250 MCM, 25 kV, Figura 2.9 y con puntas terminales tipo exterior el primario “B” se conectan con la red aérea trifásica de media tensión.



**FIGURA 2.9. Salidas del primario B subestación Sangolquí<sup>41</sup>**

En el poste inicial P1 junto a la Gasolinera EL OSO se encuentran instalados tres pararrayos con las siguientes características: 18kV, 5kA, cuerpo de porcelana, como se muestra en la Figura 2.10.

---

<sup>41</sup> Archivo fotográfico el autor



**FIGURA 2.10. Equipo de protección contra descargas atmosféricas instalado en el primario B de la subestación Sangolquí<sup>42</sup>**

La red aérea del primarios B se apoya en postes de hormigón armado de 11.5 metros de longitud, sección circular, diseñados para soportar esfuerzos horizontales de 500 kilogramos con estructuras no normalizadas pero similares a las estructuras RNA1-D; recorre a lo largo de la vía Sangolquí-Amaguaña, como se muestra en la Figura 2.11.

---

<sup>42</sup>Archivo fotográfico el autor





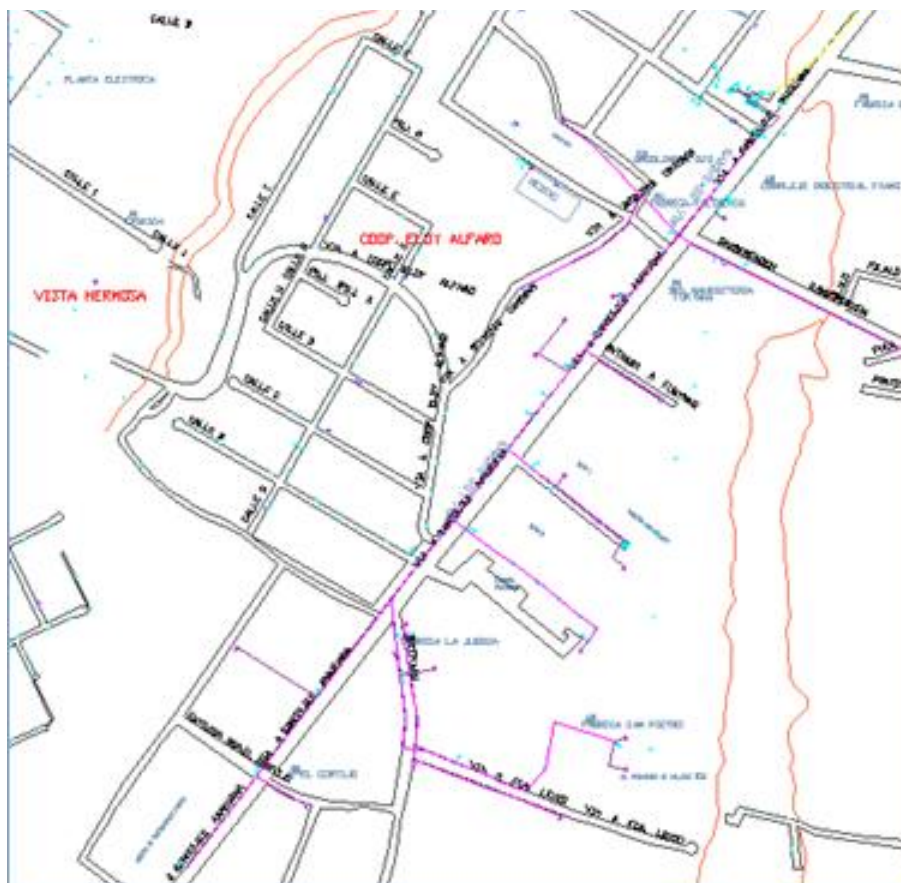
**FIGURA 2.11.** Recorrido del primario B subestación Sangolquí<sup>43</sup>

Continúa su recorrido hasta llegar al sector de las bodegas de INFARMA, en este poste P28 se encuentra instalado una estructura RVA3, con tres seccionadores tipos Barra para 300 Amperios, para transferencia con el primario “A” de la subestación Santa Rosa. La longitud del tramo troncal del primario “B” es de 1.207,2 m. En el Apéndice A se presenta el plano planimétrico del tramo troncal del primario B.

Del tramo troncal se derivan redes de distribución trifásica para atender a los clientes industriales instalados en la zona, así como, derivaciones monofásicas para los sectores más alejados del sector.

---

<sup>43</sup> Archivo fotográfico el autor.



**FIGURA 2.12. Diagrama unifilar del primario BSangolquí<sup>44</sup>**

#### **2.2.1.5 Área de servicio del primario B de la subestación Sangolquí de la Empresa Eléctrica Quito**

El primario B de la Subestación Sangolquí está diseñado para un nivel de tensión de 23 kV. Desde la salida de la Subestación y siguiendo la vía Sangolquí-Amaguaña atiende los sectores siguientes: fábricas Ecuacobre, gasolinera el Oso, fábrica de chocolates, fábrica Falimensa, barrio el Carmen, barrio Cotogchoa, fábrica Fumimac, fábrica textil San Pedro, planta de reciclado de basura, fábrica Empacplas, fábrica Chaide y Chaide, fábrica la jugosa, bodegas de Provefarma y Hacienda el Cortijo.

En la Figura 2.12 se muestra el diagrama unifilar del recorrido del primario B de la subestación Sangolquí.

---

<sup>44</sup>Centro de control de la EEQ.

### **2.2.1.6 Potencia instalada en el primario B de la subestación Sangolquí**

El primario B de la subestación Sangolquí en su tramo troncal como en sus derivaciones tiene instalados transformadores de distribución monofásicos, trifásicos y transformadores instalados en cámara de transformación con un total de 8,095 MVA. En el Anexo 2, se detallan los transformadores que son alimentados por el primario B.

### **2.2.1.7 Hojas de estancamiento del troncal primario B de la subestación Sangolquí**

La información técnica de las redes de distribución deben ser registradas en un formulario denominado “*hojas de estancamiento*”<sup>45</sup> en la cual se detallan mediante las nomenclaturas establecidas en la Normas de Distribución, los postes, vano de redes, calibres de conductores, tipos de estructuras, equipos de alumbrado público, tensores, anclajes y puesta a tierra; en nuestro caso se registran únicamente lo que corresponde a estructuras, calibres y equipos, pues esta información no permitirá posteriormente realizar la evaluación técnico- económica.

En el Anexo 3 se muestra los datos obtenidos durante el levantamiento del primario troncal B de la subestación Sangolquí.

### **2.2.1.8 Abonados atendidos del primario B**

Para los análisis de la calidad del servicio será necesario utilizar las definiciones que se encuentran en el reglamento de tarifas.

A continuación se detallan estos conceptos:

- **Baja Tensión:** Instalaciones y equipos del Sistema del Distribuidor que operan a voltajes inferiores a los 600 voltios.
- **Categoría Residencial:** Servicio eléctrico destinado exclusivamente al uso doméstico de los consumidores, es decir, dentro de la residencia de la unidad

---

<sup>45</sup> Hoja de Estancamiento: Documento para revisar la construcción de una red eléctrica, en la que esta incluida los postes, equipos y redes.

familiar. También se incluye a los consumidores de escasos recursos y bajos consumos que tienen integrada a su vivienda una pequeña actividad comercial o artesanal.

- **Categoría General:** Servicio eléctrico destinado a los consumidores en actividades diferentes a la Categoría Residencial; básicamente comprende, el comercio, la prestación de servicios públicos y privados, y la industria. Los distribuidores tienen la obligación de mantener en sus bases de datos una clasificación adicional para identificar a los consumidores comerciales e industriales con el propósito de la recaudación destinada al Fondo de Electrificación Rural Urbano Marginal, FERUM.
- **Consumidor:** Persona natural o jurídica que recibe el servicio eléctrico debidamente autorizado por el Generador o Distribuidor, dentro del área de concesión. Incluye al consumidor final y al gran consumidor.
- **Consumidor Comercial:** Persona natural o jurídica, pública o privada, que utiliza los servicios de energía eléctrica para fines de negocio, actividades profesionales o cualquier otra actividad con fines de lucro.
- **Consumidor Industrial:** Persona natural o jurídica, pública o privada, que utiliza los servicios de energía eléctrica para la elaboración o transformación de productos por medio de cualquier proceso industrial. [24]

Con estos antecedentes y en base a los registros históricos de los consumidores se dispone de la siguiente información estadística, correspondiente al número de clientes atendidos del primario B de la subestación Sangolquí, de acuerdo a la tabla 2.4.

**Tabla 2.4. Clientes atendidos del primario B<sup>46</sup>**

NUMERO DE CLIENTES PRIMARIO B SANGOLQUI						
SUBESTACIÓN	PRIMARIO	CLIENTES TOTALES	CLIENTES RESIDENCIAL	CLIENTES COMERCIAL	CLIENTES INDUSTRIAL	OTROS CLIENTES
Sangolquí	55B	4 195	3 813	238	120	24

---

<sup>46</sup>Tabla de índice Sectorizado de Pérdidas, Abril del 2008, “E.E.Q”.

### **2.2.1.9 Disyuntor del primario B**

La protección del primario B de la subestación Sangolquí de 23 kV se realiza con el disyuntor (interruptor de corte en vacío) Marca EMA industria argentina, año 2007, Ur 36 kUef, Ir 1250 Aef, Up170 kVcr, Isc 25 kAef, fr 50/60Hz.

### **2.2.1.10 Protecciones del primario B de 23 kV**

Para la protección del alimentador B en los paneles de cabinas se tiene instalado un relé electrónico SIPROTEC 7SJ62 el mismo que permite ser configurado de acuerdo a la necesidad del usuario. En el caso de la protección de primario B se tiene configurado para sobrecorriente temporizada, sobrecorriente a tierra temporizada, mínima tensión y baja frecuencia. Así mismo permite obtener los valores de voltaje, corriente, frecuencia y energía. (Ver calibración del relé en el Anexo 4.)

### **2.2.1.11 Disyuntor del primario C**

La protección para el sistema de 23 kV se realiza con el disyuntor principal (interruptor de corte en vacío) marca EMA industria argentina, año 2007, Ur 36 kUef, Ir 1250 Aef, Up170 kVcr, Isc 25 kAef, fr 50/60Hz.

### **2.2.1.12 Protecciones del primario C de 23 kV**

Para la protección del alimentador C en los paneles de cabinas se tiene instalado un relé electrónico SIPROTEC 7SJ62 el mismo que permite ser configurado de acuerdo a la necesidad del usuario. En el caso de la protección de primario C se tiene configurado para sobrecorriente temporizada, sobrecorriente a tierra temporizada, mínima tensión y baja frecuencia. Así mismo permite obtener los valores de voltaje, corriente, frecuencia y energía. La calibración del relé se muestra en el Anexo 5.

### **2.2.1.13 Disposición de relés de protección en cabinas de control de la subestación Sangolquí primarios B y C**

Con la instalación de los transformadores de corriente (T/C) y transformadores de potencial (T/P) en el patio de maniobras de 23 kV, se permite mediante el devanado secundario llevar las señales hasta los tableros ubicados en la sala de control, en el cual

se instalan los relés de protección. En la Figura 2.13, se muestra la ubicación física de los relés de protección.



FIGURA 2.13. Tablero 5 de relés primarios B y C<sup>47</sup>

#### 2.2.1.14 Protecciones contra descargas atmosféricas del primario B

Actualmente el primario B dispone en el poste de salida de la subestación de tres Pararrayos de Distribución Cooper Power System Varistar AZS 5 kA, Dist N.D. Arr, USA, 18 kV, Rated 15.3 MCOV, 1995, para protección contra descargas atmosféricas, en las tablas 2.5, 2.6 y 2.7 se muestran las especificaciones eléctricas, características de aislamiento y capacidad de sobrevoltaje del pararrayo. Desde este poste de salida hasta el Sector de INFARMA no dispone de pararrayos para la protección contra sobretensiones por descargas atmosféricas.

---

<sup>47</sup>“Panel de Relés”, Archivo fotográfico el autor

**Tabla 2.5. Especificaciones eléctricas de protección del pararrayos AZS<sup>48</sup>**

Voltaje del Sistema (kV rms)		Rango del Pararrayo ( kV)	MCOV (kV rms)	Nivel de protección de frente de onda (kV cresta)	Voltaje de descarga máximo kV cresta
					Onda de corriente 8/20 $\mu$ s
Nominal	Máximo				5 kA
22.86Y/13.2	24.2Y/13.87	18	15,3	61,2	58,8

**Tabla 2.6. Especificaciones aislamiento del pararrayos AZS<sup>49</sup>**

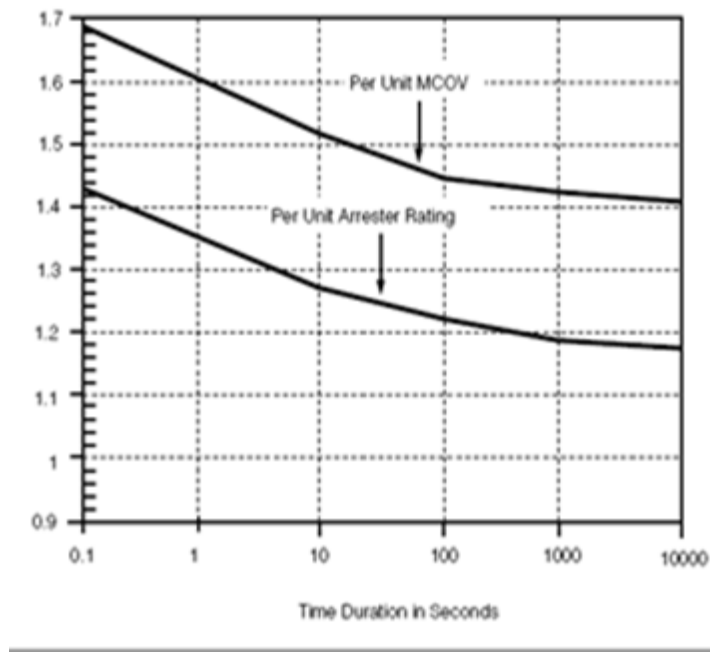
Rango del pararrayos (kV rms)	18
Distancia de Fuga (cm)	45,5
Distancia de Arco (cm)	30,5
Onda de impulso 1.2/50 us (kV cresta)	125
1 min en Seco (kV rms)	42
10 sec en Húmedo (kV rms)	36

---

<sup>48</sup>Catálogo Cooper Powe System 235-73.

<sup>49</sup>Ibid

**Tabla 2.7. Especificaciones de sobrevoltaje temporal del pararrayos AZS<sup>50</sup>**



En la Figura 2.14 se muestran la estructura externa del pararrayo instalado en la salida del primario B de la subestación Sangolquí y en la Figura 2.15 se ha realizado el desmontaje para observar la estructura interna del pararrayos, confirmando la información teórica de construcción.

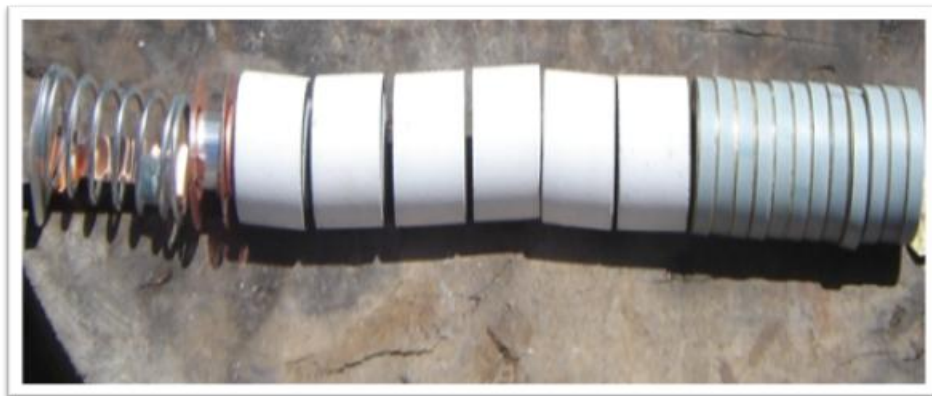


**FIGURA 2.14. Estructura externa del pararrayos varistar 18 kV, 15.3 MCOV<sup>51</sup>**

<sup>50</sup>Catálogo Cooper Powe System 235-73.

<sup>51</sup>“Pararrayos de SiCa”, Archivo fotográfico el autor.





**FIGURA 2.15. Estructura interna del pararrayos varistar 18 kV, 15.3 MCOV, con el detalle de las resistencias MOV<sup>52</sup>**

### 2.2.1.15 Protecciones contra descargas atmosféricas del primario C

El primario C tiene instalado en el poste de salida de la subestación tres pararrayos de distribución marca Cooper Power System Varistar AZS 5 kA, Dist N.D. Arr USA, 18 kV, Rated 15.3 MCOV, 1995, para protección contra descargas atmosféricas, con las siguientes especificaciones, indicadas en la tabla 2.5.

Desde la Fábrica Zainella hasta el sector de Santa Isabel existen descargadores de sobretensión del tipo polimérico de las marcas Cooper Power System y Ohio Brass.

Las especificaciones técnicas de este equipo se muestran en la tabla 2.8.

**Tabla 2.8. Especificaciones pararrayos Hubbell PDV<sup>53</sup>**

Rango del voltaje en kV	MCOV (kV)	Máxima descarga de voltaje para 10kA, impulso de onda de corriente que produce la onda de cresta en 0.5 s, sirve para coordinación	Máxima descarga por maniobras (kV), basada para 500 <sup>a</sup> , para un tiempo de 45 $\mu$ s de cresta	Máxima descarga de voltaje (kV) para una onda de 8/20 $\mu$ s.	
18	15,3	62,8	46,4	57	63,3

<sup>52</sup> Archivo fotográfico el autor.

<sup>53</sup> Catálogo Cooper Powe System 235-73.

### **2.2.1.16 Distancia de separación de pararrayos en el primario B**

Como se señaló anteriormente el primario B únicamente dispone de equipos de protección exclusivos contra descargas atmosféricas en el poste de salida de la subestación.

### **2.2.1.17 Distancia de separación de pararrayos en el primario C**

De manera similar al primario B, las protecciones contra descargas atmosféricas del primario C se encuentran instaladas en el poste de salida de la subestación Sangolquí.

Desde la salida de la subestación Sangolquí hasta la entrada a la Cooperativa de Vivienda Eloy Alfaro no existen equipos de protección contra descargas atmosféricas.

Desde la fábrica Zainella pasando por cuartel Chimborazo, complejo José Terán, Villas del cuartel Chimborazo hasta Santa Isabel se encuentran instalados ocho juegos trifásicos de pararrayos poliméricos Ohaio Bras y Cooper de acuerdo a la tabla 2.9.

**Tabla 2.9. Distancias de instalación de pararrayos en el primario C de la subestación Sangolquí<sup>54</sup>**

Poste	Distancia de separación entre postes (m)
P41	980,9
P62	615,11
P73	364,63
P82	565,44
P99	336,87
P105	504,45
P124	447,55
P136	

---

<sup>54</sup>Tabla con distancia de pararrayos”, Datos el autor.

### **2.2.2 Aislamiento de los primarios B y C de la subestación Sangolquí**

El aislamiento de las redes de distribución se refiere a las pruebas a que son sometidos en laboratorio los materiales y equipos previos a su instalación. De acuerdo a las normas internacionales y una vez establecido el nivel de tensión del sistema, se fijan los parámetros de aislamiento, en nuestro caso para las redes de distribución el nivel de aislamiento (BIL) se determina en 125 kV.

#### **2.2.2.1 Grado de aislamiento de los primarios B y C de la subestación Sangolquí**

Por definición el grado de aislamiento es la relación entre la distancia de fuga del aislador y la tensión entre fases de la línea.

Para este estudio se realizó la medición de las distancias de fuga de los aisladores tipo pin y aisladores de suspensión verificándose los datos que el fabricante provee en las hojas técnicas de los materiales.

#### **2.2.2.2 Aisladores tipo pin en los primarios B y C de la subestación Sangolquí**

En la construcción del primario B y C se refleja la aplicación de los conceptos de coordinación de aislamiento o también llamados Niveles de aislación. Debemos indicar que de acuerdo a las normas establecidas por la EEQ, los primarios B y C se encuentran diseñados para un Nivel Básico de Aislamiento (BIL) de 125 kV.

Dependiendo de la topología de la red de media tensión es necesaria la instalación de los diferentes tipos de estructuras con sus respectivos aisladores, lo que permitirá obtener la seguridad en la construcción así como mantener las distancias de seguridad.

Con este antecedente debemos indicar que en el recorrido del primario B y C Sangolquí existen instalados dos tipos de aisladores tipo Pin como se muestra en las Figuras 2.16 y 2.17 con las siguientes características de acuerdo a las especificaciones del fabricante como se muestran en los Anexos 6 y Anexo 7.

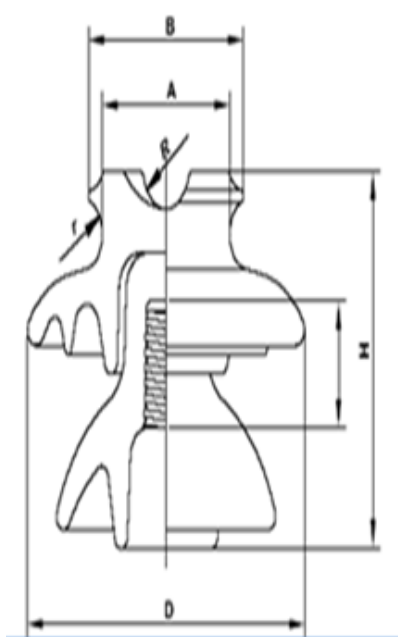


FIGURA 2.16. Dimensiones de aislador pin 56-2<sup>55</sup>

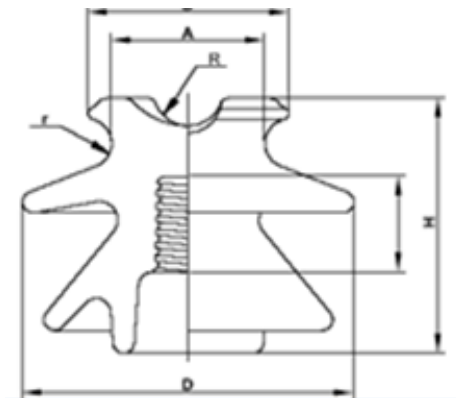


FIGURA 2.17. Dimensiones de aislador pin 56-1<sup>56</sup>

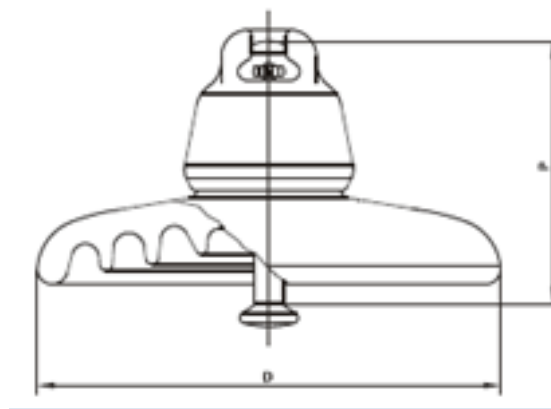
### 2.2.2.3 Aisladores tipo suspensión en los primarios B y C de la subestación Sangolquí.

Los aisladores de suspensión generalmente son usados en estructuras trifásicas tipo RVA4 o RVA3, están diseñados para soportar las tensiones mecánicas provocadas

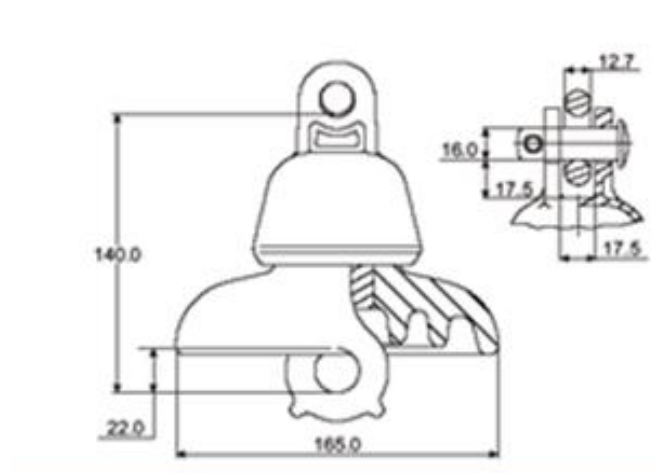
<sup>55</sup>Catálogo Fabricante Aisladores Santa Terezinha.

<sup>56</sup>Ibid.

durante las etapas de regulado de la red primaria así como los parámetros eléctricos críticos durante su funcionamiento. En el tramo troncal de los primarios B y C se disponen de dos tipos de aisladores de suspensión 52-1 y 52-3, los mismos que se muestran en las Figuras 2.18 y 2.19 y las características dadas por el fabricante se indican en los Anexos 8 y Anexo 9.



**FIGURA 2.18.**Aislador de suspensión 52-1<sup>57</sup>



**FIGURA2.19.** Aislador de suspensión 52-3<sup>58</sup>

<sup>57</sup>Catálogo Fabricante Aisladores Santa Terezinha.

<sup>58</sup>Ibid

#### 2.2.2.4 El primario C de la subestación Sangolquí

El primario “C”, de la subestación Sangolquí mantiene la misma disposición del primario “B” y comparte las estructuras RNA1-D de media tensión. Este primario de distribución mantiene el recorrido por la vía Sangolquí – Amaguaña hasta la entrada a la Cooperativa Eloy Alfaro; en este sitio toma un giro de 90 grados hacia el lado occidental Figura 2.20 para entrar con dirección hacia el sector del cuartel Chimborazo.



**FIGURA 2.20. Cambio de dirección del primario C Sangolquí<sup>59</sup>**

El tramo final del primario C se inicia en el ingreso de la calle Paccha hasta los seccionadores de tipo barra SB3-300 Amperios en el sector de Santa Isabel para transferencias con el primario A de la subestación Conocoto. De ésta manera se tiene el tramo troncal con una longitud de 6.049,34 m.

Para la protección contra sobretensiones se encuentran instalados juegos de pararrayos en las mismas crucetas, Figura 2.21. Los pararrayos se encuentran instalados a lo largo del tramo troncal en distancias aproximadas de 500 m.

---

<sup>59</sup>Primario C en el sector de la Urb. Chimborazo, Archivo fotográfico el autor



**FIGURA 2.21. Disposición de los equipos de protección contra descargas atmosférica<sup>60</sup>**

En la Figura 2.22 que se muestra a continuación, se ve el diagrama unifilar de la zona que recorre el primario C de la subestación Sangolquí.



**FIGURA 2.22. Diagrama unifilar del primario CSangolquí<sup>61</sup>**

#### **2.2.2.5 Área de servicio del primario C de la subestación Sangolquí de la Empresa Eléctrica Quito**

El Primario C de la Subestación Sangolquí construido para el nivel de tensión de 23 kV, inicia su recorrido atendiendo a los clientes de la Gasolinera el Oso y a la Fábrica Ecuacobre (FV) para continuar por la vía Sangolquí – Amaguaña hasta la entrada a la Urbanización Eloy Alfaro en la que ingresa y cruza toda la urbanización hasta salir al puente de la Hda. Chillo Jijón, atiende las instalaciones de la fábrica Zainela y continua

---

<sup>60</sup>“Montaje de pararrayos en poste”, Archivo fotográfico el autor.

<sup>61</sup>Centro de control de la EEQ.

dando servicio a los sectores siguientes: Barrio Las Balvinas, santa Rosa de Chillo Jijón, El Jardín, Urbanización las Fuentes, Villas de las Balvinas, parte del sector de Fajardo (calle Concepción) hasta llegar al sector de Santa Isabel en el que se encuentra un Seccionador tipo barra para interconexión con el primario Conocoto.

#### **2.2.2.6 Potencia instalada en el primario C de la subestación Sangolquí**

El primario C de la subestación Sangolquí en su tramo troncal como en sus derivaciones tiene instalados transformadores de distribución monofásicos, trifásicos y transformadores instalados en cámara de transformación con un total de 1580 kVA. Ver el Anexo 10 se detallan los transformadores instalados en el primario C.

#### **2.2.2.7 Hojas de estacamiento del troncal primario C de la subestación Sangolquí**

La información técnica de las redes de distribución deben ser registradas en un formulario denominado “hojas de estacamiento” en la cual se detallan mediante las nomenclaturas establecidas en la Normas de Distribución, los postes, vano de redes, calibres de conductores, tipos de estructuras, equipos, equipos de alumbrado público, tensores, anclajes y puesta a tierra; en nuestro caso se registran únicamente lo que corresponde a estructuras, calibres y equipos, pues esta información no permitirá posteriormente realizar la evaluación técnico- económica.

En el Anexo 11 se registran las “hojas de estacamiento” del primario C de la subestación Sangolquí.

#### **2.2.2.8 Abonados atendidos del primario C**

De manera similar al primario B, el alimentador C en su trayectoria va atendiendo a las diferentes categorías de clientes: residenciales, comerciales e industriales. De acuerdo a los registros de consumidores se determina el total de clientes de acuerdo a la tabla siguiente.



**Tabla 2.10. Clientes atendidos del primario C<sup>62</sup>**

NÚMERO DE CLIENTES PRIMARIO C SANGOLQUÍ						
SUBESTACIÓN	PRIMARIO	CLIENTES TOTALES	CLIENTES RESIDENCIAL	CLIENTES COMERCIAL	CLIENTES INDUSTRIAL	OTROS CLIENTES
Sangolquí	55C	7 035	6 571	272	158	34

### **2.3 Reportes de fallas contra descargas atmosféricas**

Como soporte informativo para el análisis de descargas atmosféricas se procede con la tabulación de los registros, los cuales se obtienen del SDI (Sistema Documental de Información).

#### **2.3.1 Descargas atmosféricas en la zona de Sangolquí**

Como parte de la investigación se realizó consultas en la Dirección de Aviación Civil (DAC); la información disponible por descargas atmosféricas corresponde únicamente al sector del Aeropuerto Mariscal Sucre, estos registros nos permiten realizar una evaluación con datos de otras zonas similares. Los registros se resumen en la tabla 2.11 en el que se puede observar que los meses de Marzo, Abril, Mayo Junio y Diciembre presentan el mayor número de descargas atmosféricas y en el Anexo 12 se presenta los formularios de seguimiento diario.

De igual manera en el Instituto Nacional de Meteorología INAMHI, se realizó las consultas en los registros de “Directas y Estaciones” que son los formularios en los que encuentran varios parámetros, uno de los cuales corresponde a Tormentas con Descargas Atmosféricas y que incluyen la zona del Valle de los Chillos en la que se encuentran los primarios B y C de la subestación Sangolquí.

En la tabla 2.12 se muestran los registros correspondientes a la Estación Izobamba para los años 2007, 2008 y 2009, de la misma manera se puede observar que los meses de Marzo, Abril, Mayo, Junio y Diciembre presentan el mayor número de descargas

---

<sup>62</sup>“Tabla de índice Sectorizado de Pérdidas”, Abril del 2008, E.E.Q.

Atmosféricas, en el Anexo 13 se puede observar la simbología estandarizada para los reportes de las condiciones del tiempo.

**Tabla 2.11. Registro de Datos de Tormentas con Descargas Atmosféricas, Sector Aeropuerto M. Sucre<sup>63</sup>**

	NÚMERO DE TORMENTAS	2008	NÚMERO DE TORMENTAS
DICIEMBRE	13	DICIEMBRE	17
NOVIEMBRE	8	NOVIEMBRE	7
OCTUBRE	9	OCTUBRE	19
SEPTIEMBRE	5	SEPTIEMBRE	22
AGOSTO	1	AGOSTO	5
JULIO	0	JULIO	1
JUNIO	12	JUNIO	15
MAYO	28	MAYO	14
ABRIL	21	ABRIL	24
MARZO	25	MARZO	20
FEBRERO	2	FEBRERO	10
ENERO	24	ENERO	2

---

<sup>63</sup>Dirección de Aviación Civil DAC.

**Tabla 2.12. Resumen de Datos de Días de tormenta con descargas Atmosféricas, Estación Izobamba<sup>64</sup>**

2009	NÚMERO DE DÍAS CON TORMENTA	2008	NÚMERO DE DÍAS CON TORMENTA	2007	NÚMERO DE DÍAS CON TORMENTA
DICIEMBRE	26	DICIEMBRE	14	DICIEMBRE	6
NOVIEMBRE	10	NOVIEMBRE	19	NOVIEMBRE	17
OCTUBRE	18	OCTUBRE	16	OCTUBRE	16
SEPTIEMBRE	1	SEPTIEMBRE	9	SEPTIEMBRE	3
AGOSTO	0	AGOSTO	5	AGOSTO	7
JULIO	0	JULIO	2	JULIO	8
JUNIO	8	JUNIO	12	JUNIO	5
MAYO	19	MAYO	12	MAYO	18
ABRIL	11	ABRIL	15	ABRIL	23
MARZO	12	MARZO	0	MARZO	15
FEBRERO	19	FEBRERO	8	FEBRERO	3
ENERO	15	ENERO	4	ENERO	10

### 2.3.1.1 Número de descargas con tormenta eléctrica en la zona de Sangolquí

Con los datos de cada mes correspondientes a los años 2007, 2008 y 2009 se presenta a continuación el resumen de descargas anuales.

**Tabla 2.13. Datos de niveles cerámicos<sup>65</sup>**

Año	2007	2008	2009
Total de descargas anuales	131	116	139

De no disponer de los datos anteriores, también es factible realizar el cálculo de la densidad de rayos utilizando el número de horas de tormenta al año.

---

<sup>64</sup>Datos de Días de tormenta con descargas Atmosféricas, Estación Izobamba. INAMHI

<sup>65</sup>Ibid

En la tabla 2.14 se puede observar que los valores obtenidos para el número de descargas anuales son similares a los que se utilizan para estimar los cálculos de densidad de rayos ( $N_1$ ).

Aplicando la Ec. 3, se obtienen los valores de  $N_1$ [4] que se muestran en la tabla 2.14.

$$N_1 = 0.12 * T \quad (2.1)$$

Dónde:

- $N_1$  es la densidad de rayos a tierra por  $\text{km}^2$  por año.
- $T$  es el número de días de tormenta

**Tabla 2.14. Densidad de rayos<sup>66</sup>**

Año	2007	2008	2009
T	131	116	139
$N_1$	17,72	15,22	19,09

En nuestro trabajo únicamente se determina la densidad de rayos por km cuadrado por cuanto los análisis de las salidas por descargas atmosféricas y la probabilidad de fallas de apantallamiento son aplicables a líneas de transmisión.

### **2.3.2 Fallas por descargas atmosféricas en los primarios B y C de la subestación Sangolquí**

Toda red de distribución eléctrica está expuesta a la probabilidad de sufrir fallas por descargas atmosféricas que obligan a la suspensión temporal del servicio eléctrico hasta lograr despejar la falla y lograr la reposición del sistema.

---

<sup>66</sup> Reportes del SDI. EEQ.

En el presente trabajo se analiza los tiempos de salidas de servicio de los primarios B y C de la Subestación Sangolquí por descargas atmosféricas y la incidencia técnico-económica que representa para la Empresa Eléctrica Quito los tiempos de suspensión.

De acuerdo a los reportes obtenidos de la base de datos del sistema y realizado el análisis se ha verificado que existen salidas de servicio ocasionados por tormentas con descargas atmosféricas en los primarios B y C de la subestación Sangolquí con las consecuencias que pueden provocar daños irreparables en las instalaciones de los clientes, como ejemplo en la Fábrica Zainella en la que una descarga atmosférica provocó el fallo en uno de los transformadores de la cámara de transformación.

Adicionalmente al estar instalados los dos primarios, cercanos a una zona en la que frecuentemente existen períodos con lluvias prolongadas con descargas eléctricas, es pertinente su seguimiento operativo para disminuir los registros de fallas.

### **2.3.3 Reportes de desconexiones por descargas atmosféricas de los primarios B y C de la subestación Sangolquí**

En un sistema eléctrico, las redes de distribución durante su operación están expuestas a fallas ya sea por eventos ajenos a la propia red o por causas internas del sistema de distribución lo que ocasiona la interrupción del servicio, restando de esta manera la seguridad y confiabilidad de la red eléctrica de distribución. En nuestro país existen organismos que controlan mediante reglamentos el desempeño de todo el sector eléctrico del Ecuador.

Durante los análisis de los registros por desconexiones por descargas atmosféricas de los primarios de distribución de la EEQ, se ha verificado que la subestación Sangolquí y la subestación Eugenio Espejo presenta mayor índice de salidas por descargas atmosféricas, por lo que se ve la necesidad de realizar la investigación en los primarios de la subestación Sangolquí por cuanto existe una buena posibilidad de acceder a la información. En el Anexo 14 se muestran parte de los reportes obtenidos de la base de datos del sistema de información de la Empresa Eléctrica Quito, correspondientes a los primarios B y C.

## 2.4 Frecuencia de fallas en los primarios B y C de la subestación Sangolquí de la Empresa Eléctrica Quito

Realizado el seguimiento de la información disponible en la base de datos de la EEQ, se obtienen los valores por desconexiones por descargas atmosféricas que se reflejan en la frecuencia de salidas de cada mes para los años 2005 a 2010.

La información es procesada y analizada mediante la ayuda de hojas electrónicas que nos permite obtener el reporte final, que se muestra en las tablas 2.15, 2.16 y en los gráficos 2.23 y 2.24.

**Tabla 2.15. Desconexiones por descargas atmosféricas primario B<sup>67</sup>**

Cuadro estadístico de desconexiones por descargas									
Subestación Sangolquí									
Primario B									
Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Número de desconexiones	18	18	9	4	4	3	3	0	1

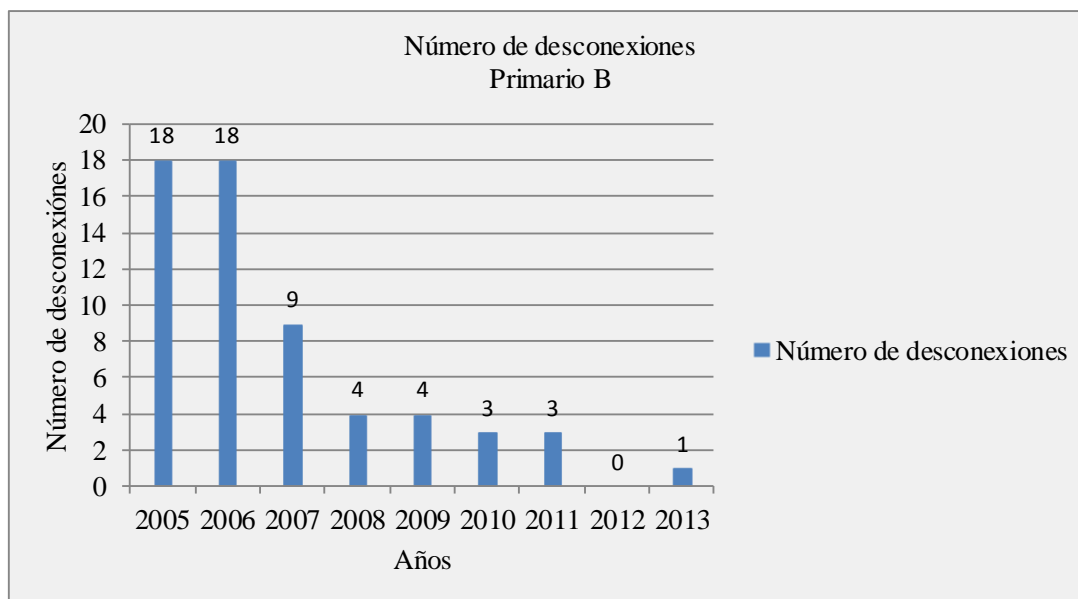
**Tabla 2.16. Desconexiones por descargas atmosféricas primario C<sup>68</sup>**

Cuadro estadístico de desconexiones por descargas									
Subestación Sangolquí									
Primario C									
Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Número de desconexiones	6	9	6	12	10	3	8	3	3

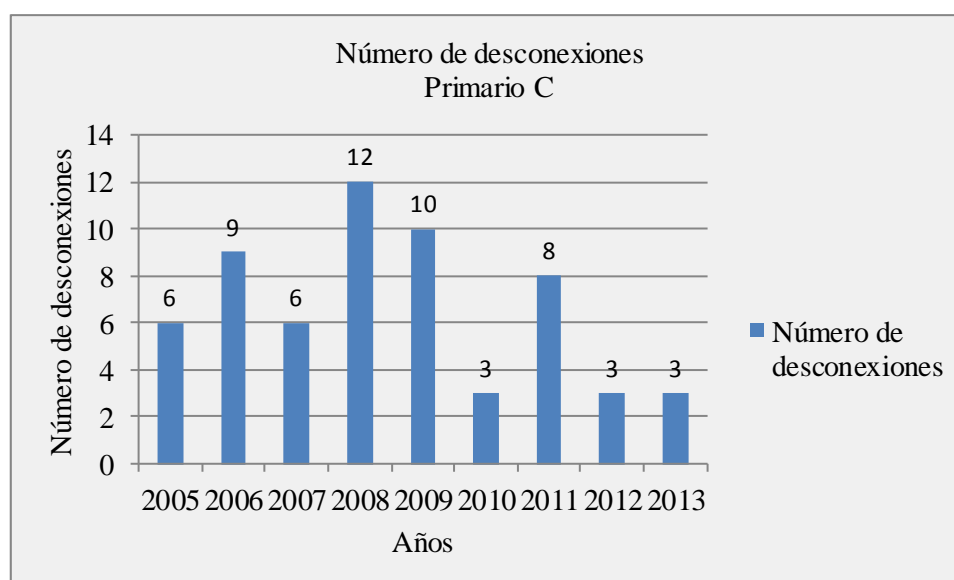
---

<sup>67</sup>Reportes del SDI, EEQ.

<sup>68</sup>Ibid



**FIGURA 2.23. Descargas atmosféricas primario B<sup>69</sup>**



**FIGURA 2.24. Descargas atmosféricas primario C<sup>70</sup>**

<sup>69</sup>Reportes del SDI, EEQ.

<sup>70</sup>Ibid

#### **2.4.1 Tiempos de interrupción del primario B de la subestación Sangolquí**

Al producirse una desconexión del primario, la Empresa Eléctrica Quito tiene establecido un procedimiento en el que participa el Centro de Control y el personal de operadores que se encuentran de turno en la zona afectada.

En el Centro de Control se llevan a cabo todas las operaciones de normalización así como las operaciones programadas de suspensión en las redes primarias o secundarias.

Así mismo es el Centro de Control el encargado de llevar el registro de tiempos de inicio de la suspensión y el tiempo final de la suspensión, pues esta información debe ser entregada al CONELEC, como un requisito para establecer los índices de calidad del servicio eléctrico.

Al producirse una descarga atmosférica en las redes de media tensión ésta puede ocasionar daños en las redes y equipos e incluso pérdidas humanas.

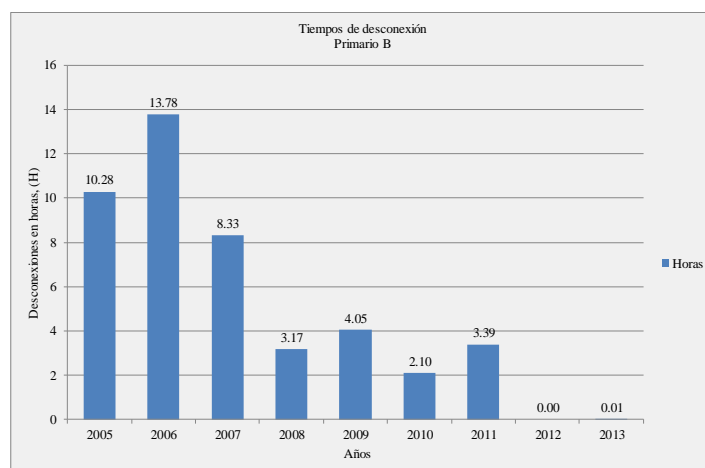
La atención oportuna en restablecer el servicio o si es el caso de proceder con alguna reparación o cambio de equipo, están relacionados con los trabajos de mantenimiento que debe realizar la Empresa Eléctrica Quito y que nos permitirán más adelante, cuando se analicen los parámetros económicos llegar a obtener resultados favorables.

En la tabla 2.17 y en el gráfico 2.25 se resumen los tiempos de interrupción en horas del primario B de la subestación Sangolquí únicamente por descargas atmosféricas que son los datos que se tienen registrados en el SDI (Sistema Documental de Información).



**Tabla 2.17. Tiempo de interrupción por descargas atmosféricas, B<sup>71</sup>**

Cuadro estadístico de tiempo de desconexiones por descargas atmosféricas									
Subestación Sangolquí									
Primario B									
Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Horas	10.28	13.78	8.33	3.17	4.05	2.1	3.39	0	0.01



**FIGURA2.25. Tiempo de interrupción por descargas atmosféricas B<sup>72</sup>**

#### 2.4.1.1 Tiempos de interrupción del primario C de la subestaciónSangolquí

A continuación se presentan los tiempos reales de desconexión del primario C, pudiéndose observar que existen mejoras en la disminución de tiempos de interrupción.

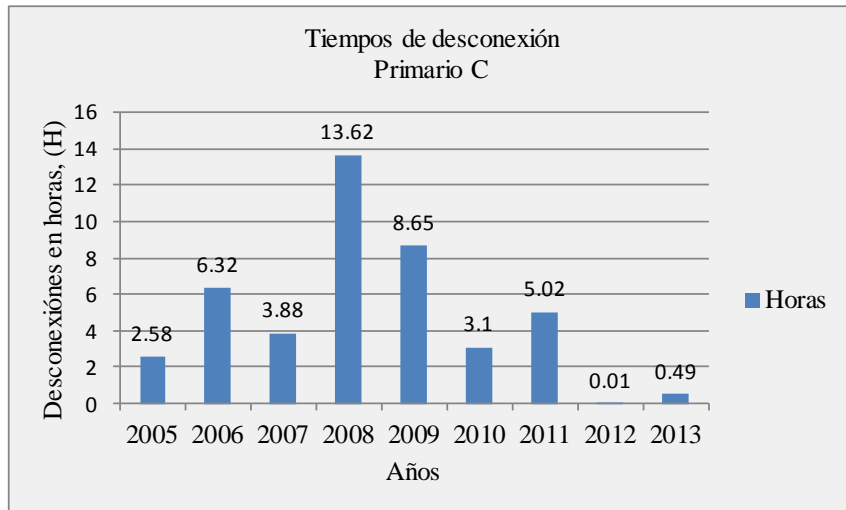
Y de la misma manera que sucede con el primario B se siguen los procedimientos que son necesarios para solucionar la falla. En la tabla 2.18 y en el gráfico 2.26 se muestra el resumen estadístico de los tiempos de interrupción del primario C.

<sup>71</sup> Reporte del Sistema Documental de información SDI, EEQ

<sup>72</sup> Reporte del Sistema Documental de Información SDI, EEQ

**Tabla 2.18. Tiempo de interrupción por descargas atmosféricas, C<sup>73</sup>**

Cuadro estadístico de tiempo de desconexiones por descargas atmosféricas									
Subestación Sangolquí									
Primario C									
Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Horas	2.58	6.32	3.88	13.62	8.65	3.1	5.02	0.01	0.49



**FIGURA 2.26. Tiempo de interrupción por descargas atmosféricas<sup>74</sup>**

## 2.4.2 Energía no suministrada

La energía no suministrada corresponde al corte del servicio eléctrico ocasionado por interrupciones en las redes de distribución.

Al ser la energía eléctrica un factor para el desarrollo en la sociedad, en nuestro país existen parámetros emitidos por el CONELEC a través de la regulación 004/01. Para valorar la calidad del servicio eléctrico de distribución se considera la relación de los tiempos de interrupción con la frecuencia de interrupción para poder determinar la energía no suministrada.

a) Si:  $FMIK > LímFMIK$  y  $TTIK < LímTTIK$

<sup>73</sup> Ibid

<sup>74</sup> Reporte del Sistema Documental de Información SDI, EEQ

$$ENS = (FMIK - LimFMIK) * \frac{TTIK}{FMIK} * \frac{ETF}{THPA}$$

b) Si:  $FMIK < LimFMIK$  y  $TTIK > LimTTIK$

$$ENS = (TTIK - LimTTIK) * \frac{ETF}{THPA}$$

c) Si:  $FMIK > LimFMIK$  y  $TTIK > LimTTIK$ ; y, si  $\frac{TTIK}{FMIK} < \frac{LimTTIK}{LimFMIK}$

$$ENS = (FMIK - LimFMIK) * \frac{TTIK}{FMIK} * \frac{ETF}{THPA}$$

d) Si:  $FMIK > LimFMIK$  y  $TTIK > LimTTIK$ ; y, si  $\frac{TTIK}{FMIK} \geq \frac{LimTTIK}{LimFMIK}$

$$ENS = (TTIK - LimTTIK) * \frac{ETF}{THPA}$$

Dónde:

- ENS: Energía No Suministrada por Causas Internas o Externas, en kWh.
- ETF: Energía Total Facturada a los consumidores en bajo voltaje (BV) conectados a la Red de Distribución Global; o, al alimentador primario considerado, en kWh, en el Periodo en análisis.
- THPA: Tiempo en horas del periodo en análisis.
- FMIK: Índice de Frecuencia media de interrupción por kVA.
- TTIK: Índice de Tiempo total de interrupción por kVA.
- LimFMIK: Límite Admisible de FMIK.
- LimTTIK: Límite Admisible de TTIK

La Energía No Suministrada se calculará para toda la red de distribución y para cada alimentador primario de medio voltaje (MV).

#### **2.4.2.1 Frecuencia de interrupción en el primario B y en el primario C**

Los datos de los reportes obtenidos para los períodos anuales no permiten tener los resultados que se indican en el Anexo 21 y Anexo 22, por lo que podemos observar que la frecuencia de interrupción para el año 2005 fue de 7,28 interrupciones por lo tanto no cumplió con el valor límite de 6 interrupciones establecido por el CONELEC. A partir del año 2006 hasta el año 2010 éste índice fue disminuyendo por lo que este parámetro está dentro del permitido por el CONELEC, por lo que el objetivo del presente trabajo se encamina en mejorar éste valor por cuanto el sistema eléctrico de la empresa Eléctrica Quito es dinámico a pesar de las dificultades en obtener los recursos por parte del Estado.

#### **2.4.2.2 Tiempos de interrupción en los primarios B y C**

De la misma manera que la frecuencia de interrupción se analiza los tiempos de interrupción en los primarios B y C de la subestación Sangolquí, cuyos resultados se muestran en el Anexo 23 y Anexo 24. Se puede observar que la Empresa Eléctrica Quito en los dos primarios se encuentra dentro de los límites permitidos por el CONELEC siendo éste valor de 18 horas. Por lo tanto el presente trabajo se centra en obtener la mejora para cumplir con la Misión y la Visión que tiene establecida la Empresa Eléctrica Quito con los clientes.

#### **2.4.2.3 Energía no suministra por los primarios B y C**

Los cuadros siguientes registran los datos de energía no suministrada para los primarios B y C de la subestación Sangolquí. Para el análisis se procedió con la obtención del promedio del consumo facturado en kWh/h para los años 2008, 2009 y 2010. De esta forma se registran los valores de energía no suministrada durante las interrupciones como se indica en las tablas 2.19 y 2.20.

**Tabla 2.19. Energía no suministrada, años 2008, 2009 y 2010 primario B<sup>75</sup>**

Desconexiones por Descargas Atmosféricas					
Sector Rurales					
Subestación	Primario	Fecha	Tiempo Total de interrupción (Horas)	kWh	KWh
				Energía promedio facturada por hora	Energía no suministrada
Sangolquí	B	23/02/2008	0,88	2991,23	2642,25
Sangolquí	B	01/03/2008	0,83	2991,23	2492,69
Sangolquí	B	20/09/2008	0,75	2991,23	2243,42
Sangolquí	B	10/10/2008	0,7	2991,23	2093,86
Sangolquí	B	15/01/2009	1,87	2845,97	5312,48
Sangolquí	B	28/01/2009	0,43	2845,97	1233,26
Sangolquí	B	01/12/2009	1,08	2845,97	3083,14
Sangolquí	B	30/12/2009	0,67	2845,97	1897,32
Sangolquí	B	18/05/2010	0,53	3065,57	1634,97
Sangolquí	B	05/10/2010	1,25	3065,57	3831,96
Sangolquí	B	17/10/2010	0,32	3065,57	970,76
Sangolquí	B	24/04/2011	2,12	2903,90	6156,26
Sangolquí	B	23/08/2011	0,12	2903,90	348,46
Sangolquí	B	25/11/2011	0,15	2903,90	435,58
Sangolquí	B	2012	0,0	2917,84	0,00
Sangolquí	B	2012	0,0	2917,84	0,00
Sangolquí	B	2012	0,0	2917,84	0,00
Sangolquí	B	2012	0,0	2917,84	0,00
Sangolquí	B	2012	0,0	2917,84	0,00
Sangolquí	B	02/05/2013	0,1	5064,31	506,43

<sup>75</sup> Reporte SDI, EEQ

**Tabla 2.20. Energía no suministrada, años 2008, 2009 y 2010 primario C.**<sup>76</sup>

Desconexiones por Descargas Atmosféricas					
Sector Rurales					
Subestación	Primario	Fecha	Tiempo Total de interrupción (Horas)	KWh	KWh
				Energía promedio facturada por hora	Energía no suministrada
Sangolquí	C	20/09/2008	0,75	2645,89	1984,41
Sangolquí	C	27/09/2008	0,98	2645,89	2601,79
Sangolquí	C	04/10/2008	0,67	2645,89	1763,92
Sangolquí	C	10/10/2008	5,17	2645,89	13670,41
Sangolquí	C	10/10/2008	0,83	2645,89	2204,91
Sangolquí	C	10/10/2008	0,73	2645,89	1940,32
Sangolquí	C	09/11/2008	1,17	2645,89	3086,87
Sangolquí	C	03/12/2008	0,4	2645,89	1058,35
Sangolquí	C	11/12/2008	0,63	2645,89	1675,73
Sangolquí	C	15/01/2009	1,87	1929,77	3602,24
Sangolquí	C	21/01/2009	0,67	1929,77	1286,52
Sangolquí	C	28/01/2009	0,43	1929,77	836,24
Sangolquí	C	29/01/2009	1,17	1929,77	2251,4
Sangolquí	C	07/02/2009	0,33	1929,77	643,26
Sangolquí	C	26/03/2009	1,1	1929,77	2122,75
Sangolquí	C	11/04/2009	0,85	1929,77	1640,31
Sangolquí	C	28/05/2009	0,48	1929,77	932,72
Sangolquí	C	01/12/2009	1,08	1929,77	2090,59
Sangolquí	C	30/12/2009	0,67	1929,77	1286,52
Sangolquí	C	18/05/2010	0,53	1489,45	794,37
Sangolquí	C	05/10/2010	2,15	1489,45	3202,32
Sangolquí	C	23/12/2010	0,42	1489,45	620,61
Sangolquí	C	06/01/2011	0,13	1339,02	174,07
Sangolquí	C	17/02/2011	0,09	1339,02	120,51
Sangolquí	C	22/04/2011	0,12	1339,02	160,68
Sangolquí	C	24/04/2011	2,17	1339,02	2905,67
Sangolquí	C	02/06/2011	0,18	1339,02	241,02
Sangolquí	C	23/08/2011	0,10	1339,02	133,90
Sangolquí	C	23/08/2011	0,15	1339,02	200,85
Sangolquí	C	06/04/2012	0,01	1727,42	17,27
Sangolquí	C	05/05/2012	0,02	1727,42	34,54
Sangolquí	C	10/11/2012	0,01	1727,42	17,27
Sangolquí	C	25/01/2013	0,46	1574,06	724,06
Sangolquí	C	27/04/2013	0,01	1574,06	15,74
Sangolquí	C	03/05/2013	0,02	1574,06	31,48

<sup>76</sup> Reporte SDI, EEQ

## CAPÍTULO III

### ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE MEJORA.

Para poder desarrollar posibles alternativas técnicas de mejora en el sistema que para elevar los índices de continuidad de servicio, debemos conocer la situación actual del sistema, y tener muy en cuenta las especificaciones técnicas de los diferentes equipos instalados en los primarios de la subestación Sangolquí, para evaluar su funcionamiento y el nivel de protección que estos presentan.

#### 3.1 Protecciones situación actual en el primario B y C de la subestación Sangolquí

Como se explicó anteriormente el primario B y C de la subestación Sangolquí inicia su recorrido en el poste de salida de la subestación en el cual se aplican los esquemas de protección para descargas atmosférica, mediante la instalación de juegos de pararrayos de porcelana marca CPS (Cooper Power System) Varistar , Tipo AZS, servicio normal, pararrayo de óxido metálico, clase distribución, como se muestra en la Figura 3.1, el pararrayos se fabrica para los rangos de 3 a 36 kV, incorpora los últimos adelantos en tecnología de óxidos metálicos (MOV), con esta combinación de tecnologías el fabricante puede ofrecer un mejor costo y buena protección en sistemas de distribución.



**FIGURA3.1. Ubicación de pararrayos del primario B en el poste de salida de la subestación Sangolquí<sup>77</sup>**

---

<sup>77</sup>Instalación de Pararrayos en la salida del Primario B”, Archivo fotográfico el autor.

Adicionalmente existen tramos en el primario C en los cuales se tienen instalados pararrayos del tipo polimérico Cooper y Ohio Brass para 18 kV. Debemos señalar que los dos primarios B y C no fueron contruidos con hilo de guardia.

### 3.1.1 Aislamiento del primario B de la subestación Sangolquí

La red de Distribución del primario B en su tramo troncal, desde el poste de salida (P1) de la subestación Sangolquí (55) hasta el poste terminal (P28) en el sector de INFARMA recorre una distancia de 1207.72 metros; para su aislamiento se encuentran instalados aisladores tipo pin 56-1 y 56-2 así mismo se dispone de aisladores de suspensión 52-1 y 52-3 cuyos parámetros eléctricos se indican en las tablas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 y en las Figuras 3.2, 3.3 y 3.4 se muestran su aspecto externo. Así mismo se puede observar en la Figura 3.4 las consecuencias de los flameos que se provocan en los aisladores por sobrevoltajes por descargas atmosféricas.

**Tabla 3.1. Especificación de aislador pin 56-2<sup>78</sup>**

<b>AISLADOR TIPO</b>	<b>PIN</b>
Marca	Santa Terezinha
Clasificación ANSI C29.6	56-2
Tensión Nominal del Sistema (kV)	24,2
Tensión Resistida de impulso Atmosférico en Seco (kV)	125
Tensión Resistida a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	50
Tensión Resistida a frecuencia industrial en seco (kV)	90
Tensión de contorno a frecuencia industrial en seco (kV)	110
Tensión de contorno a frecuencia industria bajo lluvia (kV)	70
Distancia de arco en seco (mm)	210
Diámetro D (mm)	230
Diámetro de la cabeza A (mm)	125
Línea de Fuga mm	430

<sup>78</sup>Catálogo Fabricante Aisladores Santa Terezinha.



**Tabla 3.2. Especificación de aislador pin 56-1<sup>79</sup>**

<b>AISLADOR TIPO</b>	<b>PIN</b>
Marca	Santa Terezinha
Clasificación ANSI C29.6	56-1
Tensión Nominal del Sistema (kV)	24,2
Tensión Resistida de impulso Atmosférico en Seco (kV)	125
Tensión Resistida a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	50
Tensión Resistida a frecuencia industrial en seco (kV)	90
Tensión de contorno a frecuencia industrial en seco (kV)	95
Tensión de contorno a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	60
Distancia de arco en seco (mm)	175
Diámetro D (mm)	190
Diámetro de la cabeza A (mm)	113
Línea de Fuga mm	330



**FIGURA3.2. Aisladores pin 56-1 y 56-2<sup>80</sup>**

<sup>79</sup>Catálogo Fabricante Aisladores Santa Terezinha.

<sup>80</sup>Aisladores Tipo Pin”, Archivo fotográfico el autor

**Tabla 3.3. Especificaciones de aislador de suspensión 52-3<sup>81</sup>**

AISLADOR TIPO	SUSPENSIÓN
Marca	Santa Terezinha
Clasificación ANSI C29.6	52-3
Carga Electromecánica de rotura (kN)	70
Tensión Resistida de impulso Atmosférico en Seco (kV)	100
Tensión Resistida a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	45
Tensión Resistida a frecuencia industrial en seco (kV)	70
Tensión de contorno a frecuencia industrial en seco (kV)	80
Tensión de contorno a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	50
Distancia de arco en seco (mm)	210
Diámetro D (mm)	254
Línea de Fuga	292

**Tabla 3.4. Especificación de aisladores de suspensión 52-1<sup>82</sup>**

AISLADOR TIPO	SUSPENSIÓN
Marca	Santa Terezinha
Clasificación ANSI C29.6	52-1
Carga Electromecánica de rotura (kN)	45
Tensión Resistida de impulso Atmosférico en Seco (kV)	70
Tensión Resistida a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	25
Tensión Resistida a frecuencia industrial en seco (kV)	55
Tensión de contorno a frecuencia industrial en seco (kV)	60
Tensión de contorno a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	30
Distancia de arco en seco (mm)	125
Diámetro D (mm)	160
Línea de Fuga	180

<sup>81</sup> Catálogo Fabricante Aisladores Santa Terezinha.<sup>82</sup> Ibid



**FIGURA 3.3. Aislador de suspensión 52-3<sup>83</sup>**



**FIGURA 3.4. Cadena de aisladores de suspensión 52-1<sup>84</sup>**

### **3.1.2 Aislamiento del primario C de la subestación Sangolquí**

De manera similar al primario B la red construida para el primario C utiliza el mismo aislamiento; esto es aisladores 56-2, 56-1, 52-1 y 52-3.

---

<sup>83</sup>“Tipos de aisladores de suspensión”, Archivo fotográfico el autor.

<sup>84</sup>Archivo fotográfico el autor.

### **3.2 Protecciones con hilo de guardia**

En la práctica la construcción de las redes eléctricas con hilo de guardia se las aplica para las líneas de subtransmisión, pero es factible su instalación en redes de distribución de 6.3 kV, 13.2 kV o 23 kV en zonas donde se presentan alto índice de descargas atmosféricas. Existen actualmente en otros primarios de la subestación San Rafael pequeños tramos con estructuras instaladas en las redes de distribución de 23 kV que sirven de soporte para el hilo de guardia y que permiten aplicar este esquema de montaje. Ver Anexo 15.

#### **3.2.1 Alternativa de instalación con hilo de guardia en los primarios B y C de la subestación Sangolquí**

Son posibles las instalaciones con hilos de guardia en tramos cercanos a la subestación [2] de ésta forma se puede evitar que ingresen ondas de sobre tensión que podrían ocasionar la salida de los primarios.

Al ser construidos los primarios B y C paralelos utilizando la misma cruceta es factible la aplicación de esta instalación, misma que se ejecutaría en los postes P1, P2, P3, P4, P5 y P6 de acuerdo a las hojas de estacamiento realizadas en el sitio.

#### **3.2.2 Tipo de estructura a ser utilizada**

Mediante la instalación de la estructura denominada “Extensión punta de poste” se puede planificar la reconfiguración para la instalación con hilo de guardia.

##### **3.2.2.1 Procedimiento de la instalación y materiales**

Todo trabajo a ser ejecutado requiere necesariamente se planifique con el personal técnico. La Empresa Eléctrica Quito es la empresa pionera en llevar un estricto control de ejecución de trabajos, es así que toda actividad debe ser ejecutada con la respectiva orden de trabajo.

En resumen, en ésta orden de trabajo se define la actividad a ser ejecutada ya sea que el trabajo se realice sin suspensión de servicio o con suspensión. Los materiales a ser

ejecutados son previamente revisados el momento de la entrega para garantizar el montaje y la seguridad de la instalación.

Como anteriormente se señala, éste tipo de instalación se podría ejecutar únicamente desde la salida de la subestación hasta un máximo de 200 metros,[26]de esta forma se estaría atendiendo una de las alternativas planteadas como sugerencia de mejora. Además facilita la instalación por cuanto al ser construidos los dos primarios paralelos, la punta del poste queda libre y facilita su instalación.

### **3.2.3 Alternativa de disposición con aisladores**

Es factible y de hecho existen instalaciones en explotación en las que se reemplazan la estructura “Punta de Poste” por un perfil “L” como se muestra en la Figura 3.5. En esta disposición se debe realizar un cambio en la orientación de uno de los aisladores Pin.

A continuación se detallan estas sugerencias:

- Instalación del aislador pin mediante un collar simple o abrazadera de extensión simple en sentido horizontal.
- Instalación del perfil de hierro galvanizado que contenga el soporte para el hilo de guardia y elementos de sujeción al poste, así como el terminal para la conexión a tierra.

En el siguiente gráfico se muestra la propuesta de instalación



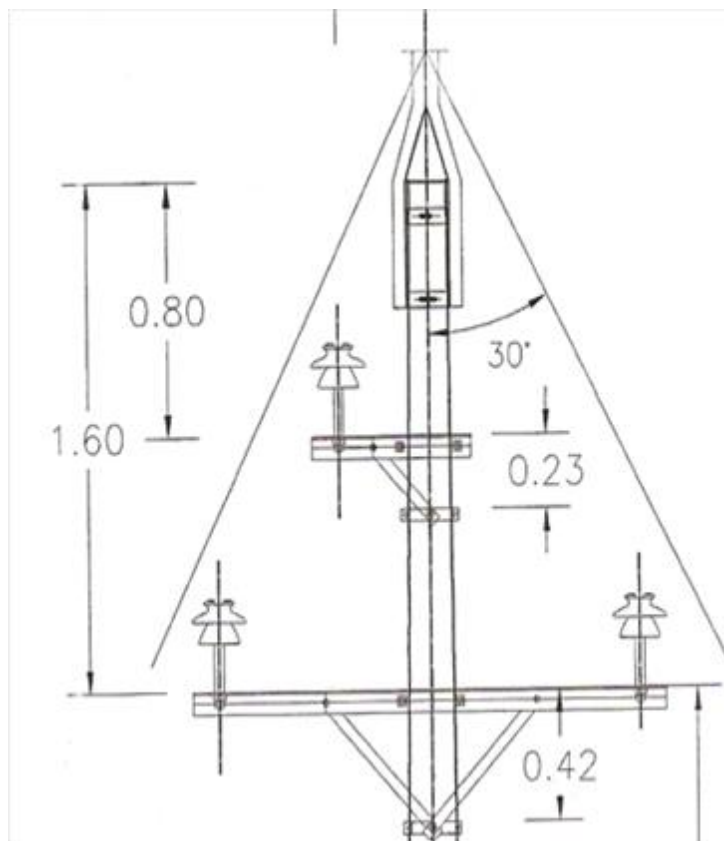
**FIGURA 3.5. Alternativa de instalación con perfil “I” para sujeción de hilo de guardia<sup>85</sup>**

---

<sup>85</sup>“Alternativa de instalación de Hilo de Guardia”, Archivo fotográfico el autor.

### 3.2.4 Alternativa con hilo de guardia en proyectos nuevos para redes de distribución

Únicamente en proyectos puntuales particulares se ha iniciado la instalación de estructuras para el soporte del hilo de guardia; en las consultas realizadas al Departamento de Fiscalización de Redes se menciona que el primario a la fábrica IDEAL ALAMBREC fue construido mediante este diseño. En la Figura 3.6 se muestra el diseño de la estructura instalada en todo el primario.



**FIGURA 3.6. Montaje tipo para hilo de guardia para instalaciones nuevas<sup>86</sup>**

A continuación se detallan los materiales necesarios para la instalación:

- 1.- Una cruceta de 1.80 m
- 2.- Una cruceta de 0.60 m

---

<sup>86</sup>Velasteguí, “Fábrica IDEAL ALAMBREC”, Proyecto particular.

- 3.- Tres pies amigo de pletina
- 4.- Dos abrazaderas tres pernos
- 5.- Dos pernos U
- 6.- Tres pernos máquina
- 7.- Tres pernos pin
- 8.- Tres aisladores pin 56-1
- 9.- Una estructura de hierro galvanizado punta de poste para hilo de guardia.

### **3.2.5 Influencia de las redes de 46 kV con hilos de guardia en el primario C**

En la calle Paccha sector por donde pasa el recorrido del primario C, se encuentra también la línea de subtransmisión de 46 kV que conecta a las Subestaciones San Rafael – Sangolquí.

Existen varios modelos para determinar el margen de protección mediante la instalación con hilo de guardia. Un análisis estimativo consiste en determinar el punto de impacto de la descarga atmosférica para llegar a determinar el ángulo de protección; es de señalar que previamente el método consiste en los cálculos de las distancias de ruptura en los conductores así como la distancia de ruptura a tierra; en general se aplica la ecuación  $r = A \cdot I^b$ , siendo A y b valores constantes que dependen del tipo de instalación y de la corriente estimativa de descarga, esta corriente varía según se aplique el método a seguir, por ejemplo la organización CIGRE cuyas siglas significan CONSEJO INTERNACIONAL DE GRANDES REDES ELÉCTRICAS sugiere la corriente crítica más baja de 3kA.

Con esta referencia de método de cálculo se sugiere en la práctica, instalar el conductor hilo de guarda en la parte superior de los conductores de fase y mantener un ángulo mínimo de 30 grados, el mismo que es medido desde el hilo de guardia con el conductor de fase más alejado y del hilo de guardia con la línea vertical al plano de tierra.



**FIGURA 3.7. Ángulo de protección en líneas de subtransmisión, a la izquierda de la figura se puede observar la red de primario C<sup>87</sup>**

En el caso del primario C en el sector de la calle Paccha se pueden verificar que la zona de protección para la línea de 46 kV es únicamente para este sistema por lo tanto no influye en la protección para la red de distribución de 23 kV.

### **3.2.6 Influencia de las redes de 13.2 kV en el primario C**

De la misma manera que en el caso anterior, en el sector Chillo-Jijón existe una red de distribución 13,2 kV paralela al primario C, esta red provee de servicio a las instalaciones del cuartel Chimborazo, pero a diferencia de la línea de sub transmisión esta se encuentra a la misma altura que el primario C con una separación de 12 m, por esta razón no existe protección que presente la red de 13,2 kV y que influya al primario C de 23 kV.

### **3.2.7 Influencia de las torres base de telefonía móvil en el primario C**

El primario C atraviesa ciertos sectores en los cuales se encuentran cerca las torres base de telefonía móvil en las que se tiene instalado puntas Franklin como dispositivos de protección contra descargas atmosféricas, como se puede observar en la Figura 3.8, éstas torres se encuentran mucho más alto que las redes de distribución.

---

<sup>87</sup>“Ángulo de protección con hilo de gurdia”, Archivo fotográfico el autor.





**FIGURA 3.8. Influencia de las torres de las estaciones base de telefonía móvil en el primario C<sup>88</sup>**

Los manuales de instalación del fabricante garantizan y determina el radio de protección por lo que en el caso del primario C en el sector de la Urbanización Eloy Alfaro las dos torres base si protegen contra los fenómenos de descargas. Como referencia se muestra en la tabla 2.25, los radios de protección de estos dispositivos.

**Tabla 3.5. Radio de Protección (M) Mod Conic<sup>89</sup>**

Altura (m)	Nivel I	Nivel II	Nivel III
6	73	91	100
8	73	92	101
10	73	93	102
12	74	93	103
15	74	94	105
20	74	90	108
40	71	88	113

---

<sup>88</sup>“Influencia de torres de telefonía móvil”, Archivo fotográfico el autor.

<sup>89</sup><http://www.idsprotec.com/externa.htm>.

### **3.3 Protecciones con pararrayos**

Se ha generalizado el nombre de pararrayos, al equipo que inicialmente fue construido por Benjamín Franklin mediante una varilla instalado en la parte más alta para la protección contra descargas atmosféricas con el dispositivo construido para la protección contra sobrevoltajes y que técnicamente se definen como descargadores de sobretensión.

Para nuestro análisis se considerarán las siguientes alternativas:

- 1.- Alternativa de instalación con hilo de guarda en un tramo de la salida de la Subestación.
- 2.- Alternativas de protección con descargadores de sobretensión (pararrayos)
- 3.- Cambio de nivel de aislamiento.
- 4.- Instalación de Hilo de Guardia en todo el Primario.

#### **3.3.1 Alternativa de instalación de hilo de guardia en un tramo en la salida de la subestación**

Si bien esta alternativa es factible no será considerada en su construcción. Por cuanto a nivel de las Empresas Eléctricas del País se trata de utilizar equipos que por razones de instalación pueden representar de mayor beneficio económico.

#### **3.3.2 Alternativas de protección con descargadores de sobretensión**

En el boletín técnico de la Compañía GAMMA[29]se menciona las consideraciones sobre el comportamiento de las líneas de distribución ante descargas atmosféricas por lo que realizado el levantamiento de los dos primarios B y C se puede determinar una distancia promedio de 514,79 m de separación entre equipos de protección. De esta forma es procedente la instalación de descargadores de sobretensión, además de que se cumpliría con las recomendaciones que exige la Empresa Eléctrica Quito referente a este tipo de instalación.

### **3.3.3 Cambio de nivel de aislamiento considerando la distancia de fuga en aisladores 56-1 pin**

Durante el proceso de diseño fueron determinados los parámetros del nivel de aislamiento (BIL) para las redes de distribución de los primarios B y C, sin embargo se puede mejorar las probabilidades de salidas del primario por descargas atmosféricas, realizando el cambio de los aisladores pin 56-1 por aisladores 56-2 en determinados puntos de la red del primario, cuyas especificaciones técnicas nos indican una mayor distancia de fuga.

### **3.4 Mejora de las puestas a tierra**

El objetivo general de la instalación de un sistema de puesta a tierra consiste en drenar a tierra las corrientes que produzcan sobretensiones en las redes de distribución.

Adicionalmente los clientes internos de la EEQ como son los Departamentos de Construcción de Redes, Fiscalización de Redes y clientes externos como son las Compañías Constructoras o Ing. Contratista deben aplicar la instalación determinada en las normas de distribución que básicamente consiste en la instalación de varilla de cooperwel unidas al conductor de cobre mediante suelda exotérmica, debiéndose obtener un valor menor a 25 ohmios.

#### **3.4.1 Condiciones de las puestas a tierra en los primarios B y C**

En el transcurso de la verificación de puestas a tierra en los dos primarios B y C se puede observar que la unión del conductor de cobre con la varilla de puesta a tierra no cumple con las normativas definidas por la EEQ, por lo que se registran valores elevados de resistencia de puesta a tierra.

#### **3.4.2 Registro de valores de resistencia de puesta a tierra obtenidos en el primario C**

Como parte del tema propuesto se determinaron seis sectores para realizar las mediciones de campo y verificar el valor de la resistencia de puesta a tierra.

Salida de la calle Paccha lado oriental, entrada al Barrio la Concepción, entrada al Barrio Fajardo , salida al Barrio Santa Isabel, Ciudadela del Batallón Chimborazo, Sector del Complejo José Terán y Sector de la Fábrica Zainella. Los resultados se muestran en la tabla 3.6.

**Tabla 3.6. Mediciones de resistencia de puesta a tierra<sup>90</sup>**

Sector	Nº de Poste	Medición (Ohmios)	Esquema Tipo
Santa Isabel	P 124	40,4	T1-1
Entrada La Concepción	P 113	39	T1-1
Entrada Fajardo	P 98	37,5	T1-1
Ciudadela Batallón Chimborazo	P 82	35,3	T1-1
Complejo Deportivo José Terán	P 73	45,3	T1-1
Sector Fabrica Zainella	P 41	8,8	T1-1

### 3.4.3 Mediciones de resistividad del suelo en los primario B y C

Un sistema de puesta a tierra se inicia con las mediciones de resistividad del suelo y resistencia de puesta a tierra, por lo cual se consideró realizar las mediciones en diferentes tramos del primario B y C.

### 3.4.4 Método utilizado para la medición de resistividad específica del suelo

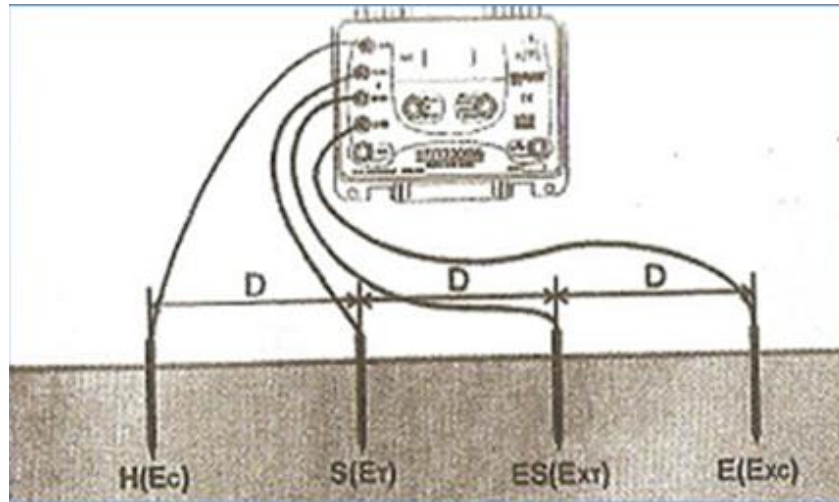
Método de *Wenner*.

Se sigue el procedimiento indicado por el manual del fabricante del equipo; de ésta manera los pasos son los siguientes:

- 1.- Se clavan cuatro jabinas (picas) en el terreno, bien alineadas y con separación constante D, como se indica en la Figura 2.23.

---

<sup>90</sup>“Datos de campo correspondientes a los primarios B y C”, El Autor.



**FIGURA 3.9. Diagrama de instalación de picas<sup>91</sup>**

- 1.- La distancia de separación entre jabalinas es crítica ya que intervine en el cálculo de la resistividad.
- 2.- Seleccionamos el selector del equipo en la posición  $\rho$  (4 pole).
- 3.- Se oprime la tecla Start y se encuentra la escala más adecuada.
- 4.- Para obtener el valor de la resistividad media del terreno se debe aplicar la ecuación de Wenner que, en su forma simplificada, es:

$$\rho = 2\pi R.D \quad (3.2)$$

Dónde:

$\rho$  = valor de la resistividad media del terreno

$\pi = 3.14159$

R = valor indicado en el display

D = distancia entre las jabalinas, expresada en metros.

Se obtiene así la resistencia media del terreno desde la superficie del terreno hasta una profundidad igual a la distancia D entre jabalinas. Haciendo diversas

---

<sup>91</sup> Manual del fabricante del Equipo

mediciones con diferentes distancias entre jabalinas se obtiene la información requerida para determinar la estratificación del terreno por métodos gráficos o mediante la utilización de un software adecuado. Las distancias generalmente adoptadas son 1 m, 2 m, 4 m, 6 m, 8 m y 16 m respectivamente.

- 5.- La forma simplificada de la ecuación de *Wenner* puede aplicarse siempre que la profundidad de penetración de cada jabalina sea despreciable comparada con la distancia D. Esta condición puede ser difícil de cumplir cuando D es pequeño, por la necesidad de asegurar un buen contacto de las jabalinas con el terreno. En ese caso debe aplicarse la forma completa de la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{4 * \pi * R * d}{1 + \frac{2 * D}{D^2 + 4 * p^2} - \frac{D}{D^2 + p^2}} \quad (3.3)$$

Dónde:

$\rho$  = Resistividad específica del terreno

D = Distancia entre jabalinas (separación)

p = Profundidad de penetración de las jabalinas auxiliares

R = valor indicado en el display.

Cuando D es mucho mayor que p se obtiene la forma simplificada [30]

### 3.4.5 Reporte de mediciones de resistencia específica del suelo

Como parte del trabajo de campo se realizaron mediciones de resistividad del suelo en diferentes sitios y en diferentes fechas a lo largo de los primarios B y C de la subestación Sangolquí; además de seguir las recomendaciones dadas en el manual del fabricante del equipo se obtienen los valores de resistencia específica, mismos que se detallan en la siguiente tabla. 3.7 y en el Anexo 16 puede verse el equipo utilizado.

**Tabla 3.7. Mediciones de resistividad del suelo en diferentes sitios de los primarios B y C Sangolquí<sup>92</sup>**

FECHA	LUGAR	DISTANCIA DE ELECTRODOS (m)	VALOR MEDIDO
07/05/2008	Poste inicio del Primario	5	0,97
		8	0,52
07/05/2008	Derivación hacia el Carmen	4	1,87
		8	0,73
07/05/2008	Derivación hacia Fca Empacplas	4	1,44
		8	0,78
		16	0,27
19/07/2009	Entrada Cuartel Chimborazo	4	1,69
		8	0,47
19/07/2009	Interconexión con Primario Machachi	4	1,9
		8	1,39
20/04/2011	Sector Santa Isabel	1	8,15
		2	3,91
		4	1,7
		8	0,73

### 3.4.6 Definición de conductividad

La conductividad de un medio se define como la capacidad para conducir la corriente eléctrica.

Se puede establecer una comparación de los valores de suelo analizados en laboratorio con la conductividad de un tipo de suelo típico; de esta manera se estima que el terreno no presta la facilidad para el propósito que se persigue, debiéndose en este caso tomar las correcciones mediante los métodos de mejora del suelo. En la tabla 3.8 se muestran los valores de conductividad del suelo de dos muestras obtenidas dentro de la zona de los primarios y los informes de resultados de laboratorio.

---

<sup>92</sup> Datos de campo año 2008, 2009, 2011, El Autor

**Tabla 3.8. Análisis de suelo de la zona del primario B y C<sup>93</sup>**

Nº de la Muestra	Sector	Valor de Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )
1	Entrada al Carmen	378
2	Bodega Infarma	276,6

### **3.4.7 Conductividad del suelo de la zona**

Para disponer de un marco referencial estimativo del tipo de suelo de la zona, se procedió a tomar muestras, que fueron analizadas en el Laboratorio de Química de la Universidad Central del Ecuador lo que nos permitirá estimar la clase de terreno de la zona. Los datos registrados de 378 micros siemens/cm y 276.6 micro siemens/cm nos demuestran que el suelo no favorece para la conducción de la corriente por lo que se debería proceder con su mejora.

### **3.4.8 Alternativa de mejora de la puesta a tierra en los primarios B y C**

Las mediciones de resistencia de puesta a tierra, realizadas en los primarios B y C de la subestación Sangolquí nos permiten la comparación con el valor recomendado en las normas de distribución de la EEQ; de ésta forma el propósito se encamina a mejorar la operación de los pararrayos y así mismo evitar las posibles corrientes de falla por las superficies aislantes. A continuación se detallan las alternativas de mejora.

#### **3.4.8.1 Instalación de varillas de puesta a tierra en paralelo**

En las normas de distribución de la EEQ existen disposiciones tipo para la puesta a tierra, por lo que se aplicará la instalación definida como T1-2 -2 que comprende la instalación con los siguientes materiales:

1. Varilla de cooperwel de puesta a tierra
2. Molde de suelta exotérmica para varilla de 5/8 pulgadas

---

<sup>93</sup>Informe de análisis del suelo”, 2009/10/07 – nº 09-10-02-a-1, -3, Laboratorio de Química UC.



3. Conductor desnudo cableado N° 2 o N° 1/0 AWG
4. Conector de ranuras paralelas 2 a 2/0 AWG para puente línea.

De esta manera el objetivo será obtener un valor menor al establecido de 25 ohmios.

#### **3.4.8.2 Cambios de terreno que mejoren la resistividad del suelo**

Mediante el reemplazo de terrenos con alto contenido de sales minerales; procedimiento que consiste en retirar de la zona de la puesta a tierra parte del suelo con alta resistencia e instalar el que permita la mejora.

#### **3.4.8.3 Tratamiento químico del suelo**

Es factible el tratamiento químico del suelo, para lo cual existen productos preparados y de fácil instalación. A continuación se señalan estos tratamientos.[32]

- Cloruro de Sodio más carbón
- Bentonita
- Thorgel

#### **3.4.8.4 Verificación de parámetros técnicos de descargadores**

Con la asistencia de los técnicos de laboratorio de transformadores y equipos de pruebas que se dispone, se verificó el MCOV (voltaje de operación continuo máximo) en los pararrayos de porcelana y de cubierta polimérica, instalados en los troncales de los primarios B y C de la subestación Sangolquí. En el Anexo 17 se muestra el registro de las pruebas ejecutadas.

##### **3.4.8.4.1 Pruebas de rutina**

Los equipos son sometidos a dos pruebas:

- 1.- Mediante la inyección de un valor de corriente de 10 microamperios en DC, el equipo de manera automática registra el valor del MCOV (voltaje máximo de operación continuo) el mismo que está relacionado con el voltaje nominal el sistema.

2.- Se inyecta la máxima corriente (50 micros amperios en DC) y el equipo registra el máximo voltaje nominal del sistema.

### 3.5 Análisis técnico de alternativas

El análisis técnico de alternativas para los pararrayos se las iniciará en base a las especificaciones dadas por los fabricantes de los equipos instalados y que se encuentran en servicio. Debido a que se tiene instalado tres tipos de pararrayos se muestran en la tabla 3.9 sus características.

**Tabla 3.9. Características eléctricas de pararrayos instalados en los dos primarios B y C<sup>94</sup>**

Marca	Arrester Rating (kV)	MCOV (kV)	Frente de Onda (kV)	Máxima descarga con onda 8/20 ms (kV)	
				5 kA	10 kA
CSP Porcelana	18	15,3	61.2*	58,8	65,1
Ohio Brass polimérico	18	15,3	60.6**	51,3	56,4
CSP polimérico	18	15,3	47.5***	39,5	43,1

De esta manera se estima la necesidad de instalar un pararrayos en la salida de la subestación para 10 kA, por cuanto el instalado a la fecha está diseñado para 5 kA.

#### 3.5.1 Distancia de fuga de aisladores

Se han revisado las especificaciones de los aisladores de suspensión y aisladores pin que se tienen instalados en los dos primarios, con lo cual se puede determinar que son factibles mejoras en el nivel de aislamiento manteniendo el mismo nivel de tensión. En nuestro tema de estudio se propone uniformizar la distancia de fuga de los aisladores por lo tanto únicamente se analizarán estos parámetros. En las tablas 3.10, 3.11, 3.12 y 3.13 se muestran estos detalles a ser considerados para en nuestra recomendación.

---

<sup>94</sup>Catálogo Cooper Powe System 235-73.

**Tabla 3.10. Característica eléctrica del aislador tipo pin<sup>95</sup>**

<b> AISLADOR TIPO</b>	<b> PIN</b>
Marca	Santa Terezinha
Clasificación ANSI C29.6	56-2
Tensión Nominal del Sistema (kV)	24,2
Diámetro de la cabeza A (mm)	125
Línea de Fuga mm	430

**Tabla 3.11. Característica eléctrica del aislador tipo pin<sup>96</sup>**

<b> AISLADOR TIPO</b>	<b> PIN</b>
Marca	Santa Terezinha
Clasificación ANSI C29.6	56-1
Tensión Nominal del Sistema (kV)	24,2
Diámetro de la cabeza A (mm)	113
Línea de Fuga mm	330

---

<sup>95</sup>Catálogo Fabricante Aisladores Santa Terezinha.

<sup>96</sup>Ibid

**Tabla 3.12. Característica eléctrica del aislador tipo suspensión<sup>97</sup>**

<b> AISLADOR TIPO</b>	<b>SUSPENSIÓN</b>
Marca	Santa Terezinha
Clasificación ANSI C29.6	52-3
Diámetro D (mm)	254
Línea de Fuga	292

---

<sup>97</sup>Catálogo Fabricante Aisladores Santa Terezinha

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS ECONÓMICO.

#### 4.1 Costos de inversión

Por definición el costo de inversión son los procedimientos técnicamente ordenados en los que se incluyen factores materiales y humanos con el propósito de lograr los objetivos proyectados y que es medible en valores monetarios. Como ayuda de este estudio se evaluará los costos para realizar las mejoras en la red con base a la normativa vigente en la Empresa Eléctrica Quito, la cual se menciona a continuación.

##### 4.1.1 Actualización de precios unitarios para ejecución de proyectos

En los proyectos de ejecución son siempre necesarios los análisis actualizados de los precios unitarios de cada una de las actividades de construcción. Por lo tanto para poder realizar la evaluación del proyecto se seguirá la metodología realizada por la Dirección de Distribución y Dirección de Finanzas de la EEQ, mismas que han determinado los costos actualizados por estructura.[33]

Inicialmente se inicia el procedimiento aplicando la ecuación siguiente:

$$CT= CD+CI \quad (4.1)$$

Dónde:

CT = es el costo total de ejecución de un proyecto

CD = son los costos directos

CI = son los costos indirectos

##### 4.1.1.1 Costos directos

Son los costos de los insumos relacionados directamente con la ejecución del contrato y por lo tanto su variación es directamente proporcional con el número de actividades desarrolladas.

En el caso de contratación para ejecución de redes se consideran los rubros siguientes:

- ✓ Responsabilidad Técnica.
- ✓ Mano de Obra.
- ✓ Equipos y Herramientas.
- ✓ Vehículos.

#### **4.1.1.2 Responsabilidad técnica**

La responsabilidad técnica permite garantizar la calidad de la construcción de las redes de distribución cumpliendo con las normas y procedimientos eléctricos, para lo cual se establece la presencia de un Ing. eléctrico que participe 50% en obra y 50% en funciones administrativas.

#### **4.1.1.3 Mano de obra (grupo de trabajo)**

El grupo básico que conforma la cuadrilla de trabajo está compuesto de ocho personas.

- ✓ Un liniero Jefe
- ✓ Dos linieros tipo 2
- ✓ Dos linieros tipo 1
- ✓ Un peón
- ✓ Un Ayudante y
- ✓ Un supervisor

#### **4.1.1.4 Equipos y herramientas**

Cada compañía contratista deberá disponer de un Kit de herramientas individuales para cada trabajador, equipos de medición de puesta a tierra, voltímetro, amperímetro, secuencímetro, equipo de cortocircuito, GPS, pértigas para operación en media tensión, equipos de comprobación de ausencia de tensión, equipos de comunicación, cámara fotográfica entre otros.

#### **4.1.1.5 Vehículos**

Son parte de la capacidad operativa de los contratistas, los vehículos necesarios para la movilidad de su personal, equipos y materiales, por lo que deben disponer de una camioneta de una tonelada para la movilización del responsable técnico y del supervisor, un camión de cuatro toneladas para el traslado de equipos, materiales y trabajadores, un camión de 11 toneladas al que le incorporará un brazo hidráulico articulado para grúa, con posibilidad de adaptar un dispositivo tipo barquillo para funcionamiento alternativo como canastilla.

La capacidad operativa descrita permite la mejora del rendimiento estableciéndose 52 estructuras trifásicas para construcción de redes nuevas y 50 estructuras trifásicas para remodelación en forma mensual, conforme los resultados obtenidos en la ejecución de obras durante el año 2010.

#### **4.1.2 Costos indirectos**

Se definen como los costos de gestión de los contratistas para el cumplimiento cabal del contrato e incluye los costos administrativos y los de ventas. Los costos indirectos de fabricación, son todos los costos diferentes de los materiales directos y la mano de obra directa que se incurren para producir un producto.

No son identificables o cuantificables con los productos terminados o en específica de producción. Cabe mencionar que el análisis realizado para determinar los costos indirectos son los establecidos en el procedimiento que la dirección de Finanzas lo dispone, así los costos indirectos son los conformados por gastos administrativos, imprevistos y utilidad.

##### **4.1.2.1 Gastos administrativos**

Estos son reconocidos por el valor del 12%, según lo establece el CONELEC en los planes de inversión que se ejecutan con el presupuesto general del estado y se han cuantificado sobre la base de los requerimientos administrativos indispensables considerando los siguientes rubros:

- ✓ Infraestructura: Oficina y Bodegas
- ✓ Suministros
- ✓ Personal Administrativo
- ✓ Vehículos
- ✓ Varios

#### **4.1.2.2 Imprevistos**

Son considerados gastos imprevistos aquellos que están relacionados directamente con el proceso de ejecución del proyecto; en nuestro caso se pueden señalar los siguientes:

Demora en los procesos de adquisición de materiales.

Cambio en los trabajos planificados lo que genera disponer de personal operativo de emergencia. Rotura de materiales durante su transporte, corresponden a un 3%.

#### **4.1.2.3 Utilidad**

Se ha asignado el valor del 10%, considerando el criterio del “Costo de Oportunidad” en función de la ganancia que se obtendría al colocar alternativamente los recursos en una institución financiera, sobre la base del análisis financiero realizado a numerosas firmas y contratistas interesados en calificarse como proveedores de la EEQ.

Con las consideraciones mencionadas se obtiene un valor por estructura trifásica de USD 268.58 el que permite actualizar las actividades de la construcción en la tabla de cálculo.



### 4.1.3 Resumen del cálculo del precio unitario

Tabla 4.1. Precios unitarios por estructura<sup>98</sup>

<b>Análisis de Precios Unitarios Construcción de Redes Año 2011</b>	
Conceptos	Valor Mensual (USD)
<b>COSTOS DIRECTOS</b>	
Dirección Técnica	762,41
Mano de Obra (Cuadrilla)	5.160,99
Vehículos	4.288,19
Equipos y Herramientas	828,75
<b>Subtotal Costos Directos</b>	<b>11.040,35</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	
Gastos Administrativos 12%	1.324,84
Imprevistos 3%	331,21
<b>Subtotal Costos Indirectos</b>	<b>12.696,40</b>

### 4.1.4 Precios para montaje de redes de distribución

Para la valoración de mano de obra es necesaria la aplicación de las tablas de precios unitarios; la dirección de distribución tiene definidas las diferentes actividades de ejecución así como el tipo de instalación ya sea que se trate de construcción nueva o remodelación, como también si se trata del retiro de redes de distribución.

En nuestro caso se requiere la valoración de mano de obra que considere la instalación como proyecto de remodelación en la que también es necesario realizar actividades de retiro de equipos o estructuras.

---

<sup>98</sup>Actualización de precios unitarios de construcción de redes”, DD.DF. EEQ 12 mayo 2011.

#### 4.1.5 Determinación del volumen de obra para la mejora en los primarios B y C

Para determinar el volumen de obra se dispone de las “hojas de estacamiento” de los dos primarios B y C, que se encuentran en los Anexos 3 y Anexo 11 en los que se muestran los postes específicos a ser atendidos. Para facilitar los resultados se mantendrá un orden de atención de la siguiente manera:

En el Primario B:

- a) Alternativa para instalar hilo de guarda en la salida de la subestación. En la tabla 4.2 se muestra el detalle del volumen de obra y en la tabla 4.3 el resumen de la valoración económica.

**Tabla 4.2. Resumen de volumen de obra para hilo de guardia en la salida de la subestación en el primario B<sup>99</sup>**

Poste N°	Primario	Actividad a ejecutarse: (a) Hilo de guardia en la salida de la subestación	Cantidad
P1	B	Hilo de guardia	1
P2	B	Hilo de guardia	1
P3	B	Hilo de guardia	1
P4	B	Hilo de guardia	1
P5	B	Hilo de guardia	1
P6	B	Hilo de guardia	1
TOTAL			6

**Tabla 4.3. Valoración de mano de obra y materiales en el primario B, para la alternativa hilo de guardia en la salida de la subestación<sup>100</sup>**

Actividad: (a) Instalación de hilo de guardia en la salida de la subestación primario B	
Costo remodelación	412,30
Costo retiro	0,00
Costo materiales	1286,62
Costo total	1698,89

Los costos de remodelación comprenden:

---

<sup>99</sup>Resumen de volumen de obra Primario B”, El Autor.

<sup>100</sup>“Valoración de mano de obra Primario B hilo de guardia”, El Autor.

- El replanteo que consiste en la ubicación física de cada uno de los sitios en los que se ejecutará el trabajo.
- Ensamblaje de estructuras.
- Ensamblaje de accesorios.
- Transporte, tendido y regulado de conductores.
- Puestas a tierra.
- Conexiones de puesta a tierra.

Los costos de materiales comprenden:

- Varillas copperweld.
- Suelta exotérmica.
- Conductores.
- Estructura soporte.
- Conectores.

- b) Alternativa para corregir las distancias de fuga en aisladores en el primario B. En la tabla 4.4 se muestra el detalle del volumen de obra y en la tabla 4.5 el resumen de la valoración económica.

**Tabla 4.4. Resumen de volumen de obra para distancia de fuga en aisladores pin en el primario B<sup>101</sup>**

Poste N°	Primario	Actividad a ejecutarse: (b) Distancia de fuga en aisladores	Cantidad
P21	B	Cambio de Pin 56-1 por aislador Pin 56-2	1
P22	B	Cambio de Pin 56-1 por aislador Pin 56-2	1
TOTAL			2

---

<sup>101</sup>“Resumen de volumen de obra aisladores Pin en el primarios B”, El Autor

**Tabla 4.5. Valoración de mano de obra y materiales en el primario B, para la alternativa distancias de fuga en aisladores<sup>102</sup>**

Actividad: (b) Distancia de fuga en aisladores en el primario B	
Costo remodelación	282,35
Costo retiro	11,28
Costo materiales	43,46
Costo total	337,10

Los costos de remodelación comprenden:

- El replanteo que consiste en la ubicación física de cada uno de los sitios en los que se ejecutará el trabajo.
  - Ensamblaje de estructuras
  - Ensamblaje de accesorios.
  - Equipos
  - Puestas a tierra.
  - Conexiones de puesta a tierra.
  - Los costos de retiro comprenden:
  - Ensamblaje de estructuras
  - Los costos de materiales comprenden:
  - Conductores para ataduras.
  - Aisladores tipo Pin.
  - Pernos espiga tipo Pin.
  - Cinta de armar.
- c) Alternativa para instalar descargadores de sobretensión. En la tabla 4.6 se muestra el detalle del volumen de obra y en la tabla 4.7 el resumen de la valoración económica.

---

<sup>102</sup>“Valoración de mano de obra y materiales en el primario B, para la alternativa distancias de fuga en aisladores”, El Autor.

**Tabla 4.6. Resumen de volumen de obra para instalación de descargadores de sobretensión en el primario B<sup>103</sup>**

Poste N°	Primario	Actividad a ejecutarse: (c) Descargadores de sobretensión en el primario B	Cantidad
P8	B	Instalación de descargadores	3
P15	B	Instalación de descargadores	3
P20	B	Instalación de descargadores	3
P25	B	Instalación de descargadores	3
TOTAL			12

**Tabla 4.7. Valoración de mano de obra y materiales en el primario B, para la alternativa, instalación de pararrayos o descargadores de sobretensión<sup>104</sup>**

Actividad: (c) Descargadores de sobretensión en el primario B	
Costo remodelación	518,05
Costo retiro	
Costo materiales	1867,15
Costo total	2385,21

Los costos de remodelación comprenden:

- El replanteo que consiste en la ubicación física de cada uno de los sitios en los que se ejecutará el trabajo.
- Ensamblaje de estructuras
- Ensamblaje de accesorios.
- Equipos
- Conexiones de puesta a tierra.
- Los costos de materiales comprenden:
- Pararrayos.

<sup>103</sup>“Resumen de volumen de obra para instalación de descargadores de sobretensión en el primario B”, El Autor.

<sup>104</sup> Precios unitarios EEQ, El Autor

- Conductores de cobre.
- Conectores,
- Varillas copperweld.
- Conductores de cobre sólido.

d) Alternativa para instalar hilo de guarda en todo el ramal troncal del primario B, En la tabla 4.8 se muestra el volumen de obra y en la tabla 4.9 los valores por mano de obra.

**Tabla 4.8. Resumen de volumen de obra para instalación de descargadores de sobretensión en el primario troncal B<sup>105</sup>**

Poste N°	Primario	Actividad a ejecutarse: (d) Hilo de guardia en todo el tramo troncal del primario B.	Cantidad
P1 a P28	B	Instalación de hilo de guardia en todo el troncal del primario B	28

**Tabla 4.9. Valoración de mano de obra y materiales en el primario B, para la alternativa instalación de hilo de guardia en todo el primario<sup>106</sup>**

Actividad: (d) Instalación de hilo de guardia en todo el troncal primario B	
Costo remodelación	1547,47
Costo retiro	10,40
Costo materiales	5969,15
Costo total	7527,02

Los costos de remodelación comprenden:

---

<sup>105</sup>“Resumen de volumen de obra para instalación de descargadores de sobretensión en el primario troncal B”, El Autor

<sup>106</sup>“Valoración de mano de obra y materiales en el primario B, para la alternativa instalación de hilo de guardia en todo el primario”, El Autor.

- El replanteo que consiste en la ubicación física de cada uno de los sitios en los que se ejecutará el trabajo.
- Ensamblaje de estructuras
- Ensamblaje de accesorios.
- Transporte, tendido y regulado de conductores.
- Equipos.
- Puesta a tierra.
- Conexión a tierra.
- Los costos de retiro comprenden:
- Ensamblaje de estructuras.
- Los costos de materiales comprenden:
- Suelta exotérmica.
- Varillas copperweld
- Conductores.
- Estructura soporte.
- Conductores de cobre.
- Conectores.

En el Primario C:

- a) Alternativa para instalar hilo de guarda en la salida de la subestación. En la tabla 4.10 se detalla el volumen de obra y en la tabla 4.11 la valoración económica por mano de obra y materiales.

**Tabla 4.10. Resumen de volumen de obra para hilo de guardia en la salida de la subestación en el primario C<sup>107</sup>**

Poste N°	Primario	Actividad a ejecutarse: (a) Hilo de guardia	Cantidad
P1	C	Hilo de guardia	1
P2	C	Hilo de guardia	1
P3	C	Hilo de guardia	1
P4	C	Hilo de guardia	1
P5	C	Hilo de guardia	1
P6	C	Hilo de guardia	1
TOTAL			6

**Tabla 4.11. Valoración de mano de obra y materiales en el primario C, para la alternativa hilo de guardia en la salida de la subestación<sup>108</sup>**

Actividad: (a) Instalación de hilo de guardia en la salida de la subestación primario C	
Costo remodelación	412,30
Costo retiro	0,00
Costo materiales	1286,60
Costo total	1698,89

Los costos de remodelación comprenden:

- El replanteo que consiste en la ubicación física de cada uno de los sitios en los que se ejecutará el trabajo.
- Ensamblaje de estructuras
- Ensamblaje de accesorios.
- Transporte, tendido y regulado de conductores.
- Equipos.
- Puesta a tierra.
- Conexión a tierra.

---

<sup>107</sup>Resumen de volumen de obra para hilo de guardia en la salida de la subestación en el primario C”, El Autor.

<sup>108</sup>“Valoración de mano de obra y materiales en el primario C, para la alternativa hilo de guardia en la salida de la subestación”, El Autor.



- Los costos de materiales comprenden:
- Suelta exotérmica.
- Varillas copperweld
- Conductores.
- Estructura soporte.
- Conductores de cobre.
- Conectores.

b) Alternativa para corregir distancia de fuga en aisladores. En la tabla 4.12 se detalla el volumen de obra y en la tabla 4.13 el costo por mano de obra.

**Tabla 4.12. Resumen de volumen de obra para distancia de fuga en aisladores pin<sup>109</sup>**

Poste N°	Primario	Actividad a ejecutarse: (b) Distancia de fuga	Cantidad
P103	C	Cambio de Pin 56-1 por aislador Pin 56-2	1
P104	C	Cambio de Pin 56-1 por aislador Pin 56-2	1
P124	C	Cambio de Pin 56-1 por aislador Pin 56-2	1
TOTAL			5

**Tabla 4.13. Valoración de mano de obra y materiales en el primario C, para la alternativa, distancias de fuga en aisladores<sup>110</sup>**

Actividad: (b) Distancia de fuga Primario C	
Costo remodelación	294,91
Costo retiro	16,92
Costo materiales	34,16
Costo total	345.99

<sup>109</sup>“Resumen de volumen de obra para distancia de fuga en aisladores Pin”, El Autor.

<sup>110</sup>“Valoración de mano de obra y materiales en el primario C, para la alternativa, distancias de fuga en aisladores”, El Autor

Los costos de remodelación comprenden:

- El replanteo que consiste en la ubicación física de cada uno de los sitios en los que se ejecutará el trabajo.
- Ensamblaje de estructuras
- Ensamblaje de accesorios.
- Los costos de retiro comprenden:
- Ensamblaje de estructuras.
- Los costos de materiales comprenden:
- Aisladores tipo Espiga.
- Pernos espiga tipo Pin
- Cinta de armar.

Conductor para ataduras.

c) Alternativa para instalar descargadores de sobretensión. En la tabla 4.14 se detalla el volumen de obra y en la tabla 4.15 los valores por mano de obra.

**Tabla 4.14. Resumen de volumen de obra para instalación de descargadores de sobretensión en el primario C<sup>111</sup>**

Poste N°	Primario	Actividad a ejecutarse: (c) Descargadores de sobretensión en el primario C	Cantidad
P8	C	Instalación de descargadores	3
P15	C	Instalación de descargadores	3
P31	C	Instalación de descargadores	3
TOTAL			21

---

<sup>111</sup> Resumen de volumen de obra para instalación de descargadores de sobretensión en el primario C. El Autor

**Tabla 4.15. Valoración de mano de obra y materiales en el primario C, para la alternativa, instalación de pararrayos.<sup>112</sup>**

Actividad: (c) instalación de pararrayos primario C	
Costo Remodelación	452,85
Costo Retiro	
Costo Materiales	1479,83
Costo Total	1932,68

Los costos de remodelación comprenden:

- El replanteo que consiste en la ubicación física de cada uno de los sitios en los que se ejecutará el trabajo.
- Ensamblaje de accesorios.
- Equipos.
- Conexión a tierra.
- Los costos de materiales comprenden:
  - Pararrayos.
  - Conductores de cobre.
  - Conectores.
  - Varillas copperweld
  - Conductores de cobre sólido
  - Suelta exotérmica.

d) Alternativa para instalar hilo de guarda en todo el ramal troncal del primario C. En la tabla 4.16 se detalla el volumen de obra y en la tabla 4.17 los costos de mano de obra.

---

<sup>112</sup>“Valoración de mano de obra y materiales en el primario C, para la alternativa, instalación de pararrayos”, El Autor.

**Tabla 4.16. Resumen de volumen de obra para instalación de descargadores de sobretensión en todo el tramo troncal del primario C<sup>113</sup>**

Poste N°	Primario	Actividad a ejecutarse: (d) Hilo de guardia en todo el tramo troncal del primario B.	Cantidad
P1 a P138	C	Instalación de Hilo de Guardia en todo el Troncal C	138
TOTAL			138

**Tabla 4.17. Valoración de mano de obra y materiales en el primario C, para la alternativa, instalación de hilo de guardia en todo el primario<sup>114</sup>**

Actividad : (d) Instalación de hilo de guardia en todo el troncal del primario C	
Costo remodelación	5958,47
Costo retiro	614,76
Costo materiales	16665,55
Costo total	23238,78

Los costos de remodelación comprenden:

- El replanteo que consiste en la ubicación física de cada uno de los sitios en los que se ejecutará el trabajo.
- Ensamblaje de estructuras
- Ensamblaje de accesorios.
- Transporte, tendido y regulado de conductores.

---

<sup>113</sup>“Resumen de volumen de obra para instalación de descargadores de sobretensión en todo el tramo troncal del primario C”, El Autor.

<sup>114</sup>Valoración de mano de obra y materiales en el primario C, para la alternativa, instalación de hilo de guardia en todo el primario”, El Autor.

- Conexión a tierra.
- Los costos de retiro comprenden:
- Ensamblaje de estructuras.
- Los costos de materiales comprenden:
- Suelta exotérmica.
- Varillas copperweld.
- Conductores.
- Estructura de hierro soporte.
- Conductor de cobre.
- Conectores.

#### **4.1.6 Costo de mano de obra y materiales para la mejora en los primarios B y C**

Los costos de mano de obra son calculados de acuerdo a la tabla de precios unitarios para montaje de redes eléctricas de distribución que dispone la EEQ. Para más información ver en el Anexo 18 costos de mano de obra y en el Anexo 19 los costos de materiales. Debemos señalar que los costos de mano de obra están calculados dependiendo del tipo de instalación, en nuestro caso debemos aplicar los costos para alimentadores primarios.

De esta manera se obtiene el resumen de mano de obra por actividad de acuerdo a la tabla siguiente:

**Tabla 4.18. Resumen de los costos de mano de obra y materiales<sup>115</sup>**

TABLA RESUMEN DE ALTERNATIVA Y SU INVERSIÓN INICIAL	
Actividad (a) Instalación de hilo de guardia en la salida de la subestación primario B	1698,89
Actividad (a) Instalación de hilo de guardia en la salida de la subestación primario C	1698,89
Actividad (b) Distancia de fuga en el primario B	337,10
Actividad (b) Distancia de fuga en el primario C	345.99
Actividad (c) instalación de pararrayos en el primario B	2385,21
Actividad (c) instalación de pararrayos en el primario C	1932,68
Actividad (d) Instalación de hilo de guardia en todo el troncal del primario B	7527.02
Actividad (d) Instalación de hilo de guardia en todo el troncal del primario C	23238.78

Con los resultados de los costos de inversión se sugiere la alternativa correspondiente a la actividad instalación de pararrayos en el primario B y C, cuyos costos de inversión son UDS. 2385,21 y USD 1932,68 respectivamente.

## **4.2 Beneficios**

Por definición el beneficio es un concepto que siempre será positivo es decir que representa un logro que genera provecho. Económicamente se puede relacionar con el provecho que una persona obtiene al realizar una compra a crédito por sobre la compra al contado.

Así mismo debemos señalar que el beneficio se obtiene luego de realizar la diferencia entre los Ingresos con los Gastos. Llamamos Ingresos al dinero que una determinada empresa obtiene por la prestación de un servicio, en nuestro caso el término ingreso se refiere al servicio de Energía Eléctrica que se proporciona al usuario en general. Ç

---

<sup>115</sup>“Resumen de los costos de mano de obra y materiales”, El Autor.

Así mismo el gasto significa el valor monetario de los elementos que fueron necesarios para producir ese ingreso y determinados en el mismo espacio de tiempo.

#### **4.2.1 Beneficio para la empresa**

Al ser la Empresa Eléctrica Quito S.A. una empresa de servicio público y al mismo tiempo estar catalogada como una de las empresas que ocupan los primeros lugares a nivel latinoamericano en calidad de servicio, su meta anual tiene tendencia a mejorar los índices de calidad, los mismos que son medidos por los respectivos organismos de control internacional.

Uno de los parámetros que se señala para estar dentro de los indicadores de calidad son los tiempos de interrupción, por lo tanto el propósito será mejorar éstos indicadores.

#### **4.2.2 Beneficios para el cliente residencial**

El cliente residencial al contar con un servicio confiable de energía eléctrica se ve beneficiado de manera positiva, pues no es un cliente puntual pues al formar parte de una organización familiar deposita su confianza en la seguridad que le brinda la compañía de servicio eléctrico. Esto se traduce técnicamente en la calidad de energía limpia que entregue la Empresa Eléctrica.

#### **4.2.3 Beneficios para el cliente artesanal**

El sector artesanal tiene su espacio dentro de las regulaciones del CONELEC lo que permite que en los últimos años se haya desarrollado. Se estima alrededor del 25 % de la población se encuentra vinculada a las actividades artesanales a nivel nacional.[35]

Específicamente en el sector de San Miguel y Fajardo son visibles los pequeños talleres artesanales que se han visto beneficiados por este servicio.

#### **4.2.4 Beneficios para el cliente industrial**

De acuerdo a la información por parte de ingeniero de producción de la fábrica Zainella la interrupción de servicio eléctrico ocasiona una pérdida estimada de 15300 USD/h, en

los que se incluyen personal operativo, administrativo, materiales y equipos. Por lo tanto los beneficios se ven reflejado en disminuir los tiempos de interrupción.

#### 4.2.5 Cálculo de costo-beneficio

Existen varios métodos para determinar si un proyecto es rentable; en nuestro trabajo se aplicará la técnica del valor actual neto (VAN), el mismo que por definición consiste en registrar los flujos netos de efectivo en los diferentes períodos establecidos y mediante un factor representado por el interés  $k$ , se logra que estos valores sean trasladados al tiempo cero o presente, de ésta forma puede ser operado con el valor inicial de la inversión inicial.

Siendo el valor actual neto (VAN) el resultado de la diferencia entre los valores de inversión menos los flujos netos de efectivo se aplicará la ecuación siguiente. Para poder posteriormente analizar los resultados.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{1+k \cdot t} - I_0 \quad (4.2)$$

Dónde:

$V_t$  = Representa los flujos de caja en cada período  $t$

$I_0$  = Es el valor de la inversión inicial

$n$  = es el número de periodos considerado

$k$  = es el tipo de interés

Los resultados que se pueden obtener son tres:

- 1.- Que el valor actual neto (VAN) sea mayor que cero, significa que la inversión es aceptable y produce ganancias.
- 2.- Que el valor actual neto (VAN) sea igual a cero, significa que la inversión es indiferente, es decir no produce ganancias ni pérdidas.



3.- Que el valor actual neto (VAN) es menor que cero, significa que la inversión debe rechazarse, es decir no produce ganancias.

Para la elaboración del valor presente neto o VAN, se realizará las proyecciones de la inversión inicial y de los gastos detallados anteriormente, las proyecciones se realizará con una tasa promedio de Inflación, la cual se obtuvo de acuerdo a las registradas por el Banco Central del Ecuador, desde el 2006 al 2012, donde se llegó a establecer una inflación promedio del 3.5%.

Se procederá a la determinación de los flujos, ya que estos representan el instrumento recomendado para evaluar inversiones, medir la capacidad de endeudamiento, valorar empresas, establecer las políticas de dividendos, planificar la colocación externa de excedentes monetarios, que respaldarán la inversión en cada una de las alternativas.

El objetivo de este flujo es medir el movimiento de los recursos que se dispondrían en el futuro, así como aquellos gastos y costos en el que incurriría la Empresa Eléctrica. A continuación, se procede con la elaboración de los Valores Actuales Netos para cada alternativa.

Para este estudio utilizamos la Tasa Pasiva promedio (tasa que pagan los organismos financieros por el dinero captado de los clientes) la cual fue consultada a bancos privados de la localidad y al Banco Central del Ecuador, a diciembre del 2012.

Para efecto del estudio de la presente propuesta se considera razonable analizar el comportamiento de los cinco últimos años 2008, 2009, 2010, 2011 y 2012, para lo cual se ha utilizado los Estados de Pérdidas y Ganancias de la Empresa Eléctrica Quito, y especialmente las ventas y gastos de la subestación Sangolquí, específicamente del primario B y C, lo que nos permitirá un mejor nivel de confiabilidad al momento de realizar las proyecciones de las ventas de energía y los gastos por energía comprada tanto del primario B como del primario C.

Con estas consideraciones en la tabla 4.19, se analiza el comportamiento del consumo de energía facturado, para el primario B y para el primario C; para facilitar el análisis, se obtuvo tanto los volúmenes en términos anual, mensual, diario y finalmente por hora.

**Tabla 4.19. Ingreso por venta de energía subestación Sangolquí, primario B y C<sup>116</sup>**

INGRESO ANUAL POR VENTA DE ENERGÍA EN EL PRIMARIO B Y C DE LA SUBESTACIÓN SANGOLQUÍ								
AÑOS	SUBESTACIÓN	PRIMARIO	CONSUMO FACTURADO (kWh/ANUAL )	PRECIO DE VENTA (DOLARES/kWh)	VALOR FACTURADO ANUAL (DOLARES/kWh/ANUAL)	VALOR FACTURADO MENSUAL (DOLARES/kWh/MENSUAL)	VALOR FACTURADO DIARIO (DOLARES/kWh/DIARIO)	VALOR FACTURADO POR HORA (DOLARES/kWh/HORA)
2008	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	25,844,203.66	0.07828	2,022,976.03	168,581.34	5,619.38	234.14
		PRIMARIO C	22,860,460.32	0.07828	1,789,421.10	149,118.43	4,970.61	207.11
2009	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	24,589,210.78	0.07796	1,917,088.28	159,757.36	5,325.25	221.89
		PRIMARIO C	16,673,239.56	0.07796	1,299,922.66	108,326.89	3,610.90	150.45
2010	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	26,486,482.00	0.07630	2,020,970.68	168,414.22	5,613.81	233.91
		PRIMARIO C	12,868,866.00	0.07630	981,919.79	81,826.65	2,727.55	113.65
2011	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	25,089,700.00	0.07600	1,906,817.20	158,901.43	5,296.71	220.70
		PRIMARIO C	11,569,100.00	0.07840	907,017.44	75,584.79	2,519.49	104.98
2012	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	27,495,309.76	0.07900	2,172,129.47	181,010.79	6,033.69	251.40
		PRIMARIO C	13,495,309.76	0.07900	1,066,129.47	88,844.12	2,961.47	123.39

<sup>116</sup> Ingreso por venta de Energía Subestación Sangolquí, Primario B y C”, EL Autor.

**Tabla 4.20. Precio de venta por kWh en la subestación Sangolquí, primario B y C<sup>117</sup>**

INGRESO ANUAL POR VENTA DE ENERGÍA EN EL PRIMARIO B Y C DE LA SUBESTACIÓN SANGOLQUÍ								
AÑOS	SUBESTACIÓN	PRIMARIO	CONSUMO FACTURADO (kWh/ANUAL)	PRECIO DE VENTA (DOLARES/kWh)	VALOR FACTURADO ANUAL (DOLARES/kWh/ANUAL)	VALOR FACTURADO MENSUAL (DOLARES/kWh/MENSUAL)	VALOR FACTURADO DIARIO (DOLARES/kWh/DIARIO)	VALOR FACTURADO POR HORA (DOLARES/kWh/HORA)
2008	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	25.844.203,66	0,07828	2.022.976,03	168.581,34	5.619,38	234,14
		PRIMARIO C	22.860.460,32	0,07828	1.789.421,10	149.118,43	4.970,61	207,11
2009	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	24.589.210,78	0,07796	1.917.088,28	159.757,36	5.325,25	221,89
		PRIMARIO C	16.673.239,56	0,07796	1.299.922,66	108.326,89	3.610,90	150,45
2010	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	26.486.482,00	0,07630	2.020.970,68	168.414,22	5.613,81	233,91
		PRIMARIO C	12.868.866,00	0,07630	981.919,79	81.826,65	2.727,55	113,65
2011	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	25.089.700,00	0,07600	1.906.817,20	158.901,43	5.296,71	220,70
		PRIMARIO C	11.569.100,00	0,07840	907.017,44	75.584,79	2.519,49	104,98
2012	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	27.495.309,76	0,07900	2.172.129,47	181.010,79	6.033,69	251,40
		PRIMARIO C	13.495.309,76	0,07900	1.066.129,47	88.844,12	2.961,47	123,39

<sup>117</sup>“Precio de Compra por kWh en la Subestación de Sangolquí, Primaria B y C”, El Autor.

Se establece el ingreso por venta de kWh/hora para el año 2012, tanto para el primario B como para el primario C en 251,40 USD y 123,39 USD respectivamente; como se puede observar en la tabla 4.20 se factura más kWh en el primario B, por ende el ingreso por venta de energía también es mayor.

Los gastos por la compra de energía facturada correspondientes a los Primarios B y C de la Subestación Sangolquí se describen en la tabla 4.21 ,donde se puede observar el precio por kWh el mismo que es determinado por el CONELEC para cada Empresa Distribuidora[39], de igual manera para un mejor análisis se obtuvo el valor facturado de compra de energía anual, mensual, diario y por hora; es importante mencionar que casi en su totalidad de la energía comprada a partir del 2009 en este sector es proveniente de Colombia y Perú, esto se debe principalmente a la crisis energética por la falta previsión en el sector eléctrico, además del crecimiento en la demanda la cual casi se triplico, es decir de 4.800,00 GWh pasó a mas de 12.000,00 GWh.

A lo anterior debemos añadir la falta de lluvia en la central hidroeléctrica de Paute lo que dificultó que ésta central opere al 100% . No está por demás mencionar los problemas de sedimento a que está sometido el embalse, lo que disminuye su capacidad de reserva de agua.

**Tabla 4.21. Precio de compra por kWh en la subestación Sangolquí, primario B y C<sup>118</sup>**

COSTO ANUAL POR KW EN EL PRIMARIO B Y C DE SANGOLQUÍ								
AÑOS	SUBESTACIÓN	PRIMARIO	CONSUMO FACTURADO (kWh/ANUAL)	PRECIO DE COMPRA (DOLARES/kWh)	VALOR DE COMPRA ANUAL (DOLARES/kWh/ANUAL)	VALOR DE COMPRA MENSUAL (DOLARES(kWh/MENSUAL)	VALOR DE COMPRA DIARIA (DOLARES/kWh/DIARIO)	VALOR DE COMPRA POR HORA (DOLARES(kWh/HORA)
2008	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	25,844,203.66	0.05862	1,515,039.50	126,253.29	4,208.44	175.35
		PRIMARIO C	22,860,460.32	0.05862	1,340,126.43	111,677.20	3,722.57	155.11
2009	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	24,589,210.78	0.05691	1,399,265.46	116,605.45	3,886.85	161.95
		PRIMARIO C	16,673,239.56	0.05691	948,801.83	79,066.82	2,635.56	109.82
2010	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	26,486,482.00	0.05478	1,450,873.69	120,906.14	4,030.20	167.93
		PRIMARIO C	12,868,866.00	0.05478	704,929.37	58,744.11	1,958.14	81.59
2011	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	25,089,700.00	0.05560	1,394,987.32	116,248.94	3,874.96	161.46
		PRIMARIO C	11,569,100.00	0.05560	643,241.96	53,603.50	1,786.78	74.45
2012	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	27,495,309.76	0.05773	1,587,304.23	132,275.35	4,409.18	183.72
		PRIMARIO C	13,495,309.76	0.05773	779,084.23	64,923.69	2,164.12	90.17

<sup>118</sup>“Precio de compra por kWh en la subestación de Sangolquí, primaria B y C. El Autor.

La tabla 4.22 refleja el gasto total de los primarios B y C, donde se detalla el valor de compra de energía anual, los gastos totales por servicios correspondientes a la provincia de Pichincha y que son definidos por el CONELEC, los gastos por fallas atmosféricas obtenidos del análisis de fallas, los gastos por pérdidas técnicas de distribución, los gastos de operación y mantenimiento, así como otros gastos. Este último rubro corresponde a la difusión que la Empresa Eléctrica Quito realiza con sus abonados para el ahorro de energía, etc.

En la tabla 4.23 se registran los tiempos de desconexión ocasionados por descargas atmosféricas correspondientes a los años 2008, 2009, 2010, 2011 y 2012; en esta tabla podemos establecer el comportamiento de mejora en la disminución de tiempos de desconexión ocasionados por sobretensiones por descargas atmosféricas, esto se puede explicar por la paulatina instalación de pararrayos que se viene ejecutando por parte de la EEQ.

Referente a la energía que no se puede suministrar por las desconexiones por descargas atmosféricas; es notorio que en el año 2008 existieron 6.969,00 kWh de energía para el primario B y 3.6036,98 kWh de energía para el primario C, las mismas que son identificadas como pérdidas de energía. Si comparamos con la energía que se deja de transmitir por desconexiones atmosféricas para el año 2012, se nota un comportamiento de mejora notable, siendo este valor de 15,62 kWh.

Para reforzar nuestro análisis se observa en la tabla 4.23, que económicamente el valor en dolares son USD 1.23.

**Tabla 4.22. Gasto anual en el primario B y C de la subestación Sangolquí<sup>119</sup>**

COSTO ANUAL EN EL PRIMARIO B Y C DE LA SUBESTACIÓN SANGOLQUÍ										
AÑOS	SUBESTACIÓN	PRIMARIO	VALOR FACTURADO ANUAL (DOLARES/k Wh/ANUAL)	VALOR DE COMPRA ANUAL (DOLARES/k Wh/ANUAL)	GASTOS TOTALES X SERVICIO (Prov. Pichin.) 75%	ENERGÍA PÉRDIDAS TÉCNICAS DISTRIBUCIÓN 7 (%)	PÉRDIDAS POR FALLAS ATMOSFÉRICAS	ÍNDICE DE GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 6%	OTROS GASTOS	GASTOS TOTALES
2008	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	2,022,976.03	1,515,039.50	369,107.26395	34,450.01	545.55	29,528.58	58,511.61	492,143.02
		PRIMARIO C	1,789,421.10	1,340,126.43	334,046.57474	31,177.68	2,820.82	26,723.73	50,626.63	445,395.43
2009	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	1,917,088.28	1,399,265.46	378,205.65203	35,299.19	898.64	30,256.45	59,614.26	504,274.20
		PRIMARIO C	1,299,922.66	948,801.83	264,185.01952	24,657.27	1,301.43	21,134.80	40,968.17	352,246.69
2010	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	2,020,970.68	1,450,873.69	420,073.81144	39,206.89	491.21	33,605.90	66,720.60	560,098.42
		PRIMARIO C	981,919.79	704,929.37	206,220.45925	19,247.24	352.31	16,497.64	32,642.96	274,960.61
2011	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	1,906,817.20	1,394,987.32	377,384.65500	35,222.57	748.16	30,190.77	59,633.38	503,179.54
		PRIMARIO C	907,017.44	643,241.96	195,119.58750	18,211.16	526.99	15,609.57	30,692.14	260,159.45
2012	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	2,172,129.47	1,587,304.23	429,133.85250	40,052.49	0.00	34,330.71	68,661.42	572,178.47
		PRIMARIO C	1,066,129.47	779,084.23	209,056.17000	19,511.91	1.23	16,724.49	33,447.75	278,741.56

<sup>119</sup>Gasto anual en el primario B y C de la subestación Sangolquí. El Autor.

**Tabla 4.23. Tiempo y valor por descargas atmosféricas<sup>120</sup>**

Tiempo y valor por desconexiones atmosféricas							
Año	Subestación	Primario	Tiempo de desconexión por descargas atmosféricas (Horas)	Consumo facturado (kWh/hora)	Valor por desconexiones atmosféricas (kWh)	Precio de venta (USD/kWh)	Valor total por desconexiones (USD)
2008	Sangolquí	B	2.33	2991.23	6969.560	0.07828	545.55
		C	13.62	2645.89	36036.98	0.07828	2820.82
2009	Sangolquí	B	4.05	2845.97	11526.18	0.07797	898.64
		C	8.65	1929.77	16692.54	0.07797	1301.43
2010	Sangolquí	B	2.10	3065.57	6437.69	0.07630	491.21
		C	3.10	1489.45	4617.30	0.07630	352.31
2011	Sangolquí	B	3.39	2903.90	9844.22	0.07600	748.16
		C	5.02	1339.02	6721.88	0.07600	510.86
2012	Sangolquí	B	0.00	3182.33	0.00	0.07900	0.00
		C	0.01	1561.96	15.62	0.07900	1.23

**Tabla 4.24. Utilidad anual por primario B y C de la subestación Sangolquí<sup>121</sup>**

UTILIDAD ANUAL EN EL PRIMARIO B Y C DE LA SUBESTACIÓN SANGOLQUÍ							
AÑOS	SUBESTACIÓN	PRIMARIO	CONSUMO FACTURADO (kWh/ANUAL)	VALOR FACTURADO ANUAL (DOLARES/kWh/ANUAL)	VALOR DE COMPRA ANUAL (DOLARES/kWh/ANUAL)	COSTO TOTAL ANUAL	UTILIDAD ANUAL
2008	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	25,844,203.66	2,022,976.03	1,515,039.50	492,143.02	15,793.51
		PRIMARIO C	22,860,460.32	1,789,421.10	1,340,126.43	445,395.43	3,899.24
2009	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	24,589,210.78	1,917,088.28	1,399,265.46	504,274.20	13,548.62
		PRIMARIO C	16,673,239.56	1,299,922.66	948,801.83	352,246.69	(1,125.87)
2010	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	26,486,482.00	2,020,970.68	1,450,873.69	560,098.42	9,998.58
		PRIMARIO C	12,868,866.00	981,919.79	704,929.37	274,960.61	2,029.81
2011	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	25,089,700.00	1,906,817.20	1,394,987.32	503,179.54	8,650.34
		PRIMARIO C	11,569,100.00	907,017.44	643,241.96	260,159.45	3,616.03
2012	SANGOLQUÍ	PRIMARIO B	27,495,309.76	2,172,129.47	1,587,304.23	572,178.47	12,646.77
		PRIMARIO C	13,495,309.76	1,066,129.47	779,084.23	278,741.56	8,303.68

Luego de haber obtenido los ingresos por venta de energía para cada uno de los años analizados así como los gastos de los dos primarios de la subestación Sangolquí, procedemos a obtener la utilidad mediante las operaciones registradas en la tabla 4.24.

<sup>120</sup>Tiempo y valor por descargas atmosféricas. El Autor.

<sup>121</sup>Utilidad anual por primario B y C de la subestación Sangolquí. El Autor.



**Tabla 4.25. Estado de pérdidas y ganancias proyectado<sup>122</sup>**

ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS PROYECTADO												
		2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	INGRESOS	2,172,129.47	2,48,154.00	2,341,227.58	2,438,154.40	2,539,093.99	2,644,212.48	2,753,682.88	2,867,685.35	2,986,407.58	3,110.044.80	3,238,800.66
PRIMARIO B	GASTOS	2,159,482.70	2,239,383.56	2,332,094.04	2,428,642.74	2,529,188.54	2,633,896.95	2,742,940.28	2,856,498.01	2,974,757.08	3,097,911.97	3,226.165.53
	UTILIDAD	12,646.77	8,770.44	9,133.54	9,511.66	9,905.45	10,315.53	10,742.60	11,187.34	11,650.50	12,132.83	12,635.13
	INGRESOS	1,066,129.47	1,114,105.39	1,160,229.26	1,208,262.75	1,258,284.83	1,310,171.82	1,364,627.46	1,421,123.04	1,479,957.53	1,541,227.77	1,605,034.60
PRIMARIO C	GASTOS	1,057,825.79	1,105,427.95	1,151,192.67	1,198,852.05	1,248,484.52	1,300,171.78	1,353,998.89	1,410,054.45	1,468,430.70	1,529,223.73	1,592.533.59
	UTILIDAD	8,303,68	8,677.34	9,036.59	9,140.70	9,800.31	10,206.04	10,628.57	11,068.59	11,526.83	12,004.04	12,501.01

<sup>122</sup>Estado de Pérdidas y Ganancias Proyectado. El Autor.

**Tabla 4.26. Flujo de efectivo proyectado<sup>123</sup>**

FLUJO DE EFECTIVO PROYECTADO PARA CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS											
PRIMARIOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Cálculo del Valor Presente Neto para la Alternativa (a) Hilo de guardia a la salida de la S/E Primario B Y C Sangolquí.</b>											
PRIMARIO B	1,698.89	8,770.44	9,133.54	9,511.66	9,905.45	10,315.53	10,742.60	11,187.34	11,650.50	12,132.83	12,635.13
PRIMARIO C	1,698.89	8,677.34	9,036.59	9,410.70	9,800.30	10,206.04	10,628.57	11,068.59	11,526.83	12,004.04	12,501.01
<b>Cálculo del Valor Presente Neto para la Alternativa (b) Distancias de fuga Primario B Y C Sangolquí.</b>											
PRIMARIO B	337.10	8,770.44	9,133.54	9,511.66	9,905.45	10,315.53	10,742.60	11,187.34	11,650.50	12,132.83	12,635.13
PRIMARIO C	345.99	8,677.34	9,036.59	9,410.70	9,800.30	10,206.04	10,628.57	11,068.59	11,526.83	12,004.04	12,501.01
<b>Cálculo del Valor Presente Neto para la Alternativa (c) Instalación de descargadores Primario B Y C Sangolquí.</b>											
PRIMARIO B	2,385.21	8,770.44	9,133.54	9,511.66	9,905.45	10,315.53	10,742.60	11,187.34	11,650.50	12,132.83	12,635.13
PRIMARIO C	1,932.68	8,677.34	9,036.59	9,410.70	9,800.30	10,206.04	10,628.57	11,068.59	11,526.83	12,004.04	12,501.01
<b>Cálculo del Valor Presente Neto para la Alternativa (d) Instalación de hilo de Guardia Primario B Y C Sangolquí.</b>											
PRIMARIO B	7,527.02	8,770.44	9,133.54	9,511.66	9,905.45	10,315.53	10,742.60	11,187.34	11,650.50	12,132.83	12,635.13
PRIMARIO C	23,238.78	8,677.34	9,036.59	9,410.70	9,800.30	10,206.04	10,628.57	11,068.59	11,526.83	12,004.04	12,501.01

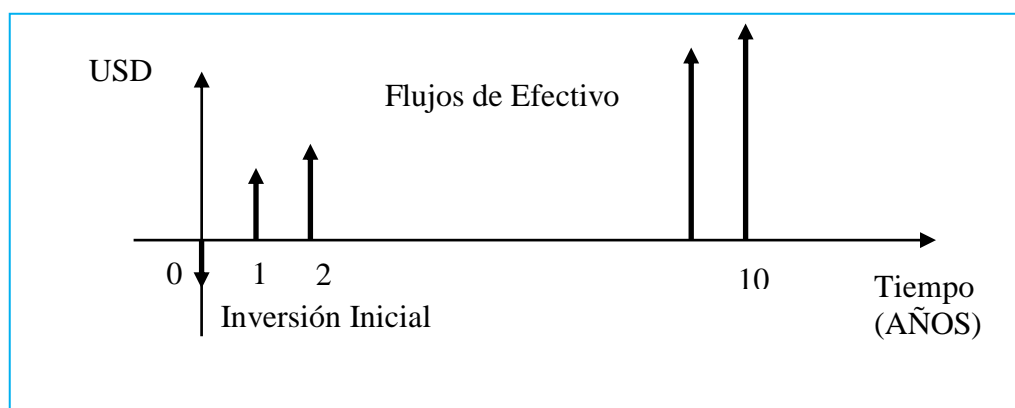
<sup>123</sup>Flujo de Efectivo Proyectado. El Autor.

Para las proyecciones indicadas en la tabla 4.25, tanto en los ingresos como en los gastos, se ha considerado una tasa de inflación que fluctuará entre el 3.5% y el 4,5%.

Así mismo al realizar la diferencia entre ingresos y gastos obtenemos la utilidad para el primario B y C respectivamente. Son éstos valores económicos los que se registrarán como los flujos netos para el calculo del VAN, como se muestra en la tabla 4.26.

Este flujo es el que se actualizará, es decir se traerá a valores presentes.

Anteriormente, se analizó las alternativas de mejora para los primarios B y C de la Subestación Sangolquí y la inversión inicial que se requiere para cada alternativa, donde se detalló tanto la mano de obra como el material a ser instalado, esto se muestra en el flujo de efectivo proyectado, como se muestra en la table 4.26. Es de señalar que esta inversión inicial se realiza en el año cero la misma que en el diagrama de flujos es registrada con signo negativo.



**FIGURA 4.1. Diagrama de flujo de inversiones**<sup>124</sup>

El flujo se debe expresar en términos de valor actual, dando lugar a sus respectivos valores actuales, los cuales sumados dan como resultado el valor actual neto total, para lo cual es preciso disponer de la tasa de descuento ( $i$ ), la cual se describió anteriormente.

A continuación se presenta en la tabla 4.27 el resumen de los valores actuales netos.

<sup>124</sup>Diagrama de Flujo de Inversiones. El Autor.

**Tabla 4.27. Resumen del VAN por alternativas<sup>125</sup>**

<b>TABLA RESUMEN DEL VAN POR ALTERNATIVA</b>				
<b>Tipo de Alternativa</b>	<b>Primario</b>	<b>Costo de Inversión Inicial (USD)</b>	<b>Valor Presente Neto (USD)</b>	<b>VAN con Valor de Confiabilidad 90%</b>
Hilo de Guardia en la salida de la S/E	B	- 1,698.89	63,353.08	57,017.77
	C	- 1,698.89	62,662.57	56,396.32
Distancias de fuga	B	- 337.10	64,714.88	58,243.39
	C	- 345.99	64,015.48	57,613.93
Instalación de descargadores	B	- 2,385.21	62,666.77	56,400.09
	C	- 1,932.68	62,428.78	56,185.90
Instalación de Hilo de Guardia en todo el Primario	B	- 7,527.02	57,524.95	51,772.46
	C	- 23,238.78	41,122.68	37,010.42

Los resultados de la evaluación económica del proyecto indican que el valor presente neto (VPN) o valor actual neto (VAN) de los flujos de efectivo a 10 años descontando el valor de la inversión adicional para cada una de las alternativas son: para la alternativa hilo de guardia en la salida de la S/E, tanto para el primario B como para el primario C, dan como resultado un valor de \$ 63.353,08 y 62.662,57 respectivamente dándonos un resultado (positivo y mayor que cero) calculado con una tasa mínima.

Igualmente para la alternativa Distancias de Fuga, tanto para el primario B como para el primario C, se llega a determinar un VAN de \$ 64.714,88 y 64.015,48 respectivamente, de igual manera estos valores son positivos y mayores a cero. Para la alternativa instalación de descargadores se determina un VAN de \$ 62.666,77 y 62.428,78 para el primario B y el primario C respectivamente, de igual manera estos valores son positivos y mayores a cero.

Para la alternativa Instalación de hilo de guardia en todo el primario, se determina un VAN de \$ 57.524,95 y 41.122,68 para el primario B y el primario C respectivamente.

Después de haber analizado los valores presentes netos de todas las alternativas, podemos observar que todos los valores presentes netos son positivas, con este antecedente hemos escogido la alternativa instalación de descargadores para el primario B y C, ya que se obtuvo un VAN de 62.666,77 y 62.428,78 para cada primario respectivamente.

<sup>125</sup>Resumen del VAN por alternativa. El Autor.

Como se puede observar, el VAN obtenido es positivo y mayor a cero, ésta alternativa se justifica por el desarrollo que a tenido la fabricación de los equipos de protección contra descargas atmosféricas, porque como se mencionaba anteriormente, los objetivos de la empresa Eléctrica Quito son disminuir el número de interrupciones de servicio en las redes de distribución.

El proyecto de la instalación de descargadores en los primarios B y C, en la subestación Sangolquí, se presenta muy conveniente para la Empresa Eléctrica Quito, bajo las premisas expuestas en la presente investigación, ya que se recuperará más de lo invertido y los beneficios obtenidos para la zona industrial, comercial y residencial serán muy importantes, los cuales se verán reflejados en aumento de utilidad, reducción de desperdicios, y minimizar las incomodidades que causa las desconexiones.

Otra alternativa de análisis para determinar la rentabilidad de un proyecto es el cálculo que se realiza mediante la aplicación del término utilizado en ingeniería financiera llamado Tasa Interna de Retorno (TIR), que nos permite determinar la tasa de retorno que hace el valor actual neto (VAN) sea cero.

#### **4.2.6 Determinación de la tasa interna de retorno (TIR)**

“La Tasa Interna de Retorno (TIR), “es aquella que al aplicarla en la actualización los flujos de beneficios y costos hacen que la diferencia entre los mismos, en términos de valores actuales, sea igual a cero. [40]

Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el coste de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo, el coste de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo). Si la tasa de rendimiento del proyecto - expresada por la TIR- supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

Una vez determinado el flujo neto se procede a calcular la tasa de descuento que haga cero el valor del flujo actualizado. Este cálculo se realiza a través de una operación de tanteo que nos conducirá a obtener dos valores actuales del flujo uno con signo positivo

y otro con signo negativo. Con estos valores se procede a realizar una interpolación para encontrar la TIR. [39]

La fórmula para determinar la TIR, es la siguiente:

$$TIR = T_m + \left[ \frac{VAN_{Tm}}{VAN_{TM} + VAN_{Tm}} \right] * (M - T_m) \quad (4.3)$$

Dónde:

Tasa Mayor (TM)

Tasa Menor(Tm)

Valor Actual Neto a Tasa Mayor  $VAN_{TM}$

Valor Actual Neto a Tasa Menor  $VAN_{Tm}$

Se procede con el cálculo de la Tasa Interna de Retorno, para la alternativa de la Instalación de Descargadores para el Primario B y C, de la Subestación de Sangolquí, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 4.28. Cálculo de la TIR<sup>126</sup>

CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO						
Cálculo de la TIR para la Alternativa (c) Instalación de descargadores Primario B Sangolquí						
AÑOS	PERÍODO	VALORES	FLUJO NETO ACTUALIZADO 9,34%	90% DE CONFIABILIDAD	FLUJO ACTUALIZADO CON % DE CONFIABILIDAD	TASA INTERNA DE RETORNO 371,841%
2013	0	- 2.385,21	- 2.385,21	- 2.146,68	- 2.146,68	- 2.146,68
2014	1	8.770,44	8.021,25	7.893,40	7.219,13	1.672,89
2015	2	9.133,54	7.639,78	8.220,18	6.875,80	369,22
2016	3	9.511,66	7.276,45	8.560,50	6.548,80	81,49
2017	4	9.905,45	6.930,39	8.914,90	6.237,35	17,99
2018	5	10.315,53	6.600,80	9.283,98	5.940,72	3,97
2019	6	10.742,60	6.286,88	9.668,34	5.658,19	0,88
2020	7	11.187,34	5.987,88	10.068,61	5.389,10	0,19
2021	8	11.650,50	5.703,11	10.485,45	5.132,80	0,04
2022	9	12.132,83	5.431,88	10.919,54	4.888,69	0,01
2023	10	12.635,13	5.173,55	11.371,61	4.656,20	0,00
VAN			62.666,77		56.400,09	0,00
TASA INTERNA DE RETORNO			371.84			

<sup>126</sup>Cálculo de la TIR. El Autor.

Tabla 4.29. Cálculo de la TIR (N° 2)<sup>127</sup>

<b>CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO</b>						
<b>Cálculo de la TIR para la Alternativa (c) Instalación de descargadores Primario C Sangolquí</b>						
<b>AÑOS</b>	<b>PERÍODO</b>	<b>VALORES</b>	<b>FLUJO NETO ACTUALIZADO 9,34%</b>	<b>90% DE CONFIABILIDAD</b>	<b>FLUJO ACTUALIZADO CON % DE CONFIABILIDAD</b>	<b>TASA INTERNA DE RETORNO 453,12%</b>
2013	0	- 1.932,68	- 1.932,68	- 1.739,41	- 1.739,41	- 1.739,41
2014	1	8.677,34	7.936,11	7.809,61	7.142,50	1.411,92
2015	2	9.036,59	7.558,69	8.132,93	6.802,82	265,83
2016	3	9.410,70	7.199,21	8.469,63	6.479,29	50,05
2017	4	9.800,30	6.856,83	8.820,27	6.171,15	9,42
2018	5	10.206,04	6.530,73	9.185,43	5.877,66	1,77
2019	6	10.628,57	6.220,14	9.565,71	5.598,13	0,33
2020	7	11.068,59	5.924,32	9.961,73	5.331,89	0,06
2021	8	11.526,83	5.642,57	10.374,15	5.078,32	0,01
2022	9	12.004,04	5.374,22	10.803,64	4.836,80	0,00
2023	10	12.501,01	5.118,64	11.250,91	4.606,77	0,00
<b>VAN</b>			<b>62.428,78</b>		<b>56.185,90</b>	<b>- 0,00</b>
<b>TASA INTERNA DE RETORNO</b>			<b>453.12</b>			

<sup>127</sup>Cálculo de la TIR N°2. El Autor.



Como se observa en la tabla anterior, se considera un porcentaje de confiabilidad a esta investigación del 90%, por cuanto ningún sistema es ideal.

Como se mencionó anteriormente hemos elegido la instalación de descargadores, por lo cual se calculó la Tasa Interna de Retorno, únicamente para esta alternativa, tanto para el Primario B como para el Primario C, dándonos como resultado, una TIR de 371.841% y 453.12% respectivamente lo que nos indica que la Tasa de Rentabilidad es mayor que la que obtendríamos en otros proyectos. Es importante mencionar que la TIR, es elevada, ya que se trata de un primario en explotación. Y la investigación realizada, se ejecuta únicamente de manera puntual. Es importante mencionar que la inversión inicial, ya se la realizó, motivo por el cual la inversión adicional es mínima.

Adicionalmente entre los beneficios que otorga este proyecto se puede mencionar la confiabilidad y calidad de servicio que debe ofrecer la Empresa Eléctrica Quito y que están relacionados directamente con la disminución de los tiempos de interrupción por las descargas producidas por las fallas atmosféricas lo que implica que la Empresa Eléctrica Quito se mantenga dentro de las mejores del sector eléctrico.

## CONCLUSIONES.

- De acuerdo a los reportes que dispone la Empresa Eléctrica Quito, existen primarios ubicados en la zona Urbana y Rural con alto número de descargas atmosféricas, motivo por el cual los primarios B y C de la subestación Sangolquí, son considerados para efectuar la mejoray de esta forma cumplir con los objetivos planteados por la EEQ relacionados con el suministro de un servicio eléctrico con interrupciones mínimas y adicionalmente por la factibilidad de información disponible por parte del personal técnico de operación de la Zona Sureste de Sangolquí.
- Con los reportes de descargas atmosféricas en la zona de estudio y los valores calculados de 17.72, 15.22 y 19.09 descargas/km<sup>2</sup>/año reflejan que la actividad está dentro de los márgenes para instalaciones en los que se utilizan las redes de medio voltaje en postes de 13m.
- En las verificaciones poste a poste de los dos primarios existen dos tipos de aisladores tipo Pin cada uno con su característica técnica. El fabricante indica una distancia de fuga de 330 mm para el pin 56-1 y 430 mm para el tipo pin 56-2 por lo tanto existe un sobredimensionamiento al considerar ésta característica eléctrica. Esto tiene como resultado un mayor valor económico.
- En el tramo troncal del primario B, la instalación de los pararrayos entre vanos no se ajusta a la establecida en las Normas de Distribución de 500 m; se tienen instalados éstos equipos a lo largo del primario con distancias variable de : 980,9 m, 336,87 m, esto ocasiona que las sobretensiones que viajan en tiempos de microsegundos, a lo largo de la red de medio voltaje no logren drenar a tierra el sobrevoltaje, más aún cuando por el fenómeno de reflexión pueden incrementarse al doble el valor de cresta de voltaje.
- Al ser la puesta a tierra uno de los elementos para la correcta operación de los equipos de protección como son los pararrayos se ha verificado la mala conexión entre el conductor de puesta a tierra con la varilla copperwel.

Esta instalación por lo tanto se convierte en un punto de falla por cuanto los sobrevoltajes no llegan a drenarse a tierra existiendo el peligro que aparezcan sobrevoltajes peligroso para personas y animales.

- Los valores de resistencia de puesta a tierra, 48,8 ohmios, 45,6 ohmios, medidos en los sectores El Carmen, Santa Isabel presentan valores que no cumplen con los parámetros menores a 25 ohmios establecidos para redes de distribución en las Normas de la EEQ. Esto tiene consecuencias directas en el establecimiento de voltajes de paso y voltajes de toque peligrosos para las personas.
- Con las alternativas propuestas sí es factible reducir las desconexiones por descargas atmosféricas y se prevé la disminución del porcentaje de pérdidas técnicas mediante la instalación de pararrayos en el primario B y C lo que representa un coste de UDS 2.385,21 y UDS 1.932,68 respectivamente y lograr la utilidad proyectada.
- El análisis de los índices económicos determina que la actividad (c) instalación de pararrayos es la sugerida en el presente estudio; a pesar de que existe una alternativa (b) distancia de fuga en aisladores que podría ser considerada por cuanto en la verificación de los parámetros técnicos de estos equipos se tiene establecido un voltaje normalizado del sistema para 24,2 kV.

## RECOMENDACIONES.

- Que la Empresa Eléctrica Quito disponga de una base de datos actualizada de reportes de desconexiones por descargas atmosféricas, se sugiere coordinar con el personal de Mantenimiento de Subestaciones facilite los reportes de los contadores de descargas instalados en las subestaciones, estos nos permitirá disponer de un respaldo adicional para los cálculos estimados en las protecciones de las redes de distribución.
- En los proyectos de redes primaria a construirse, se debería presentar un análisis estimativo de niveles isoceráunicos, de esta forma se podría disponer de una base de datos para que sean considerados por los ingenieros proyectistas en los nuevos diseños.
- Que la Empresa Eléctrica Quito emprenda un programa piloto de mantenimiento especialmente en los aisladores, si bien el diseño de los mismos cumple con las especificaciones técnicas y mecánicas, pueden existir aisladores flameados que pueden provocar desconexiones temporales. Como ejemplo se detectó la falla en un aislador de suspensión el cual se encontraba fisurado, provocado por sobretensiones durante una tormenta de rayos en un sector cercano al primario C.
- Que la propuesta de la alternativa (d) instalación de pararrayos en los primarios B y C de la subestación Sangolquí, obtenida de los análisis técnico-económico, permita a la Empresa Eléctrica Quito continuar como la pionera de las empresas distribuidoras.
- Que por ser el sistema de puesta a tierra fundamental en la instalación de los primarios, se debe establecer un programa de mantenimiento en todos los puntos donde exista conexiones a tierra para aplicar las nuevas tecnologías que se han desarrollado para su mejora.
- Que en la presentación de los proyectos, se incluya las mediciones de resistencia de puesta a tierra y la presentación de la resistividad del suelo. De esta manera a futuro se podrá contar con valores para los nuevos diseños.

- Que los análisis económicos que sean planificados, al mismo tiempo de establecer si un proyecto de inversión es factible, se sugiere la coordinación con las áreas administrativas financieras de la EEQ encargadas de la adquisición de materiales para cumplir con las propuestas planteadas en éste trabajo de estudio.
- Que se programen los trabajos de instalación de pararrayos en los primarios B y C de la subestación Sangolquí y que están definidos en el presente trabajo de investigación para lo cual se contaría con el personal especializado de líneas energizadas de la Zona Sureste, de esta forma se puede completar todo el trabajo sin existir suspensiones y evitar los reclamos de los clientes más aún cuando se trata de grandes clientes.

## LISTA DE REFERENCIAS

- [2] W. Palma, R. Brokering, *Los Sistemas Eléctricos de Potencia*, 1st ed. Mexico: Pearson Prentice Hall, 2008.
- [4] A.P. Sakis Meliopoulos, *Protección contra Rayos y Sobrevoltaje*, 13th ed. Mexico: Mc Graw-Hill, 2000.
- [9] H A. Romanowist, *Introducción a los Circuitos Eléctricos* , 5th ed. Mexico: Cesca, 1984.
- [12] G. Enriquez Harper, *Lineas de Transmision y Redes de Distribucion de Proteccion Electrica*, 2nd. Ed. Limusa.
- [14] Zopetty, *Estaciones* , 4th ed.
- [15] G. Enriquez Harper, *Elementos de Proteccion de Sistemas Electricos Teoria y Practica* , Ed. Limusa, Primera edición. Mexico:2008.
- [20] R J Eaton, *Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica*. USA: Printece Hall, 1973.
- [21] Jorge Nuñez Sanchez y Jenny Londoño Lopez, "*Energia en el Tiempo*," p. 318 319, 2005.
- [26] Blandon Diaz J, *Consideraciones sobre el comportamiento de las lineas de distribucion ante descargas atmosfericas*, 13th ed., 2005.
- [29] J. Rugeles Jones, *Comportamiento del aislamiento bajo lluvia y contaminacion Ensayo y Normalizacion* , 18th ed.: GAMMA, 2005.
- [39] Nassir Sopagchain, *Preparación y Evaluación de Proyectos*, Tercera Edición ed. Mexico: Mc Graw Hill, 2003.
- [40] G. Baca Urbina, *Evaluación de Proyectos*, Cuarta Edicion. Ed. Mexico: Mc Graw Hill, 2001

## WEBGRAFÍA.

- <http://www.tiempodelsur.cl/descargas/nubes.pdf>
- <http://www..monografias.com/trabajos66/generador-impulsos-atmosfericos/generador-impulsos-atmosfericos2.shtml>
- <http://www.ingenieria.buap.mx/DOCUMENTOS/REVISTA/REV>
- <http://www.pararrayos.com/fenomeno/formacion.htm>
- <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/1069/4/T10879CAP5.pdf>
- <http://gama.fime.uanl.com.mx/-omeza/pro/EquipoElectrico.pdf>
- <http://www.ing.unlp.edu.com.ar/sispot/Libros%202007/libros/altatens/at07/cap7.htm>
- <http://www.egroups.com/.20%Descargadores%20Sobretensn%20Descargadores%20de%20sob>
- <http://www.deconcepto.com/ciencias-sociales/beneficio>
- <http://www.bce.fin.ec.gob/frame.php?CNT=ARB0000841>

## **PUBLICACIONES.**

- [6] Ing Paul Ayora, *Resumen de puesta a tierra.*: EPN. Capitulo I.
- [22] Empresa Electricca Quito, *Plan Estrategico 2013-2015*. Quito, 2013.
- [24] "Decreto Ejecutivo," No. 2713 de 7 de Junio No. 598 de 17 de Junio , 2002.
- [25] "Regulacion ," CONELEC, Quito, 004/01,.
- [27] Velastegui, *Proyecto particula*, Fabrica IDEAL ALAMBREC ed.
- [33] DD.DF, Actualizacion de precios unitarios de construcción de redes , 2011.
- [38] Empresa Electrica Quito, Unidad de Gestion Tecnica de Mercado.

## **CATÁLOGOS**

- [30] MTD-20 KWe, Catalogo del equipo , Telurimetro digital Manual de uso, pp, 31-33.

## **ANEXOS.**



## ANEXO I

A1. Datos de placa del transformador de potencia de la subestación Sangolquí

Capacidad continua	MVA	15	20	Nivel Basico de	AT	250 kV
Voltaje (sin carga en la derivación normal)	AT	46 kV		Aislamiento a Onda Completa (BIL)	BT	150 kV
	BT	23 kV			Elevación de temperatura de	15 MVA
Amperios	AT	188	25	Devanados	20 MVA	55 °C
	BT	376	502	Peso del Nucleo y Devanados	Kg	18300
Numero de Fases	AT	3		Peso del Tanque y Accesorios	Kg	14910
	BT	3		Peso del Aceite	Kg	10320
Impedancia (voltios) %	12.67			Volumen del aceite	Lts	11800
Frecuencia	60			Peso Total	Kg	43530
Tipo de refrigeracion	OA	FA		Numero de Serie	71/22064	
Placa de Diagrama Nª	11H1946					
Contrato Nª					16bW	
Año de Manufactura					1977	
Tanque Diseñado para vacio Total						

## ANEXO II

### A2. Levantamiento de transformadores instalados en las redes del tramo troncal del primario B de la subestación Sangolquí

En el Primario B de la Subestación Sangolquí.		
Transformadores (kVA)		
Monofásicos (kVA)	Trifásicos (kVA)	En Cámara (kVA)
		350
	60	
50		
15		
	90	
25		
25		
25		
25		
	45	
25		
25		
25		
		1300
		900
		300
	50	
		425
		125
25		
		500
		500
		500
		630
		500
	125	
		150
10		
15		
37.5		
		500
		630
	100	
25		
315 Kva	470 kVA	7310 kVA
<b>Total</b>	<b>8095 kVA</b>	

## ANEXO III

### A3. Hojas de estacamiento del primario B de la subestación Sangolquí

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.											
Contrato:						Ingenier Quito , 2010					
Obra: PRIMARIO B SUBESTACION SANGOLQUI						Replanteado: Luis Chinchín					
						Revisado: Luis Chinchín.					
Poste		PRIMARIO				Localización: Primario B Sangolquí				VARIOS OBSERVACIONES	
No.	Altura y clase	Vano atrás	Tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	EQUIPO Equipos	Vano atrás	tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Tensor Primario	Secund	Ancla
P1	11,5H 500		RVA4		MVC1-3		RB4-1		G4	G4	Poste Tensor
P2	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)	Pararrayes -Porcelana SB3		RB3-1	(2/0)	G1		GA
P2A											
P3	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P4	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVC1-3		RB1-1	(2/0)			Acometida Fca.
P5	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			Derivacion Fca.
P6	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB4-1				
			RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)	G1		Derivacion trifasica hacia el Carmen
			RVU1				RB4-1				Derivacion Monofasica
			3RVU4								
			RVA2*								
P7	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P8	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P9	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P10	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			Derivacion Trifásica
			RVA2*				RB4-1				
P11	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P12	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVC1-3		RB1-1	(2/0)			Derivacion cámara
P13	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVC1-3		RB1-1	(2/0)			Derivacion cámara
P14	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P15	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			Derivacion Trifásica
			RVU4								
			RVA2*								
P16	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P17	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P18	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	SRA3		RB1-1	(2/0)	G1		GA
			RVA4								Derivacion Trifásica
P19	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P20	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P21	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)			RB3-1	(2/0)			
			RVA4								
			3RVU1								
P22	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			Derivacion Trifásica
			RVU4				RB4-1				
			RVA2*								
P23	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P24	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P25	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P26	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVC1-3		RB1-1	(2/0)			Acometida Fca.
P27	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			Derivacion Monofasica
			RVU4				RB4-1				
P28	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)	SB3		RB1-1	(2/0)			Terminal del Primario B

# Anexo A3 continuación

## EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.

Contrato:						Ingenier Quito , 2010					
Obra: <b>PRIMARIO B SUBESTACION SANGOLQUI</b>						Nombre de la Empresa:					
						Replanteado: Luis Chinchín					
						Localización: Primario B Sangolquí					
						Revisado: Luis Chinchín					
Poste		PRIMARIO			EQUIPO	SECUNDARIO			TENSOR		VARIOS OBSERVACIONES
No.	Altura y clase	Vano atrás	Tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Equipos	Vano atrás	tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Primario	Secund	Ancla
			RVA4								
P19	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P20	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P21	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)			RB3-1	(2/0)			
			RVA4								
			3RVU1								
P22	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			Derivacion Trifásica
			RVU4				RB4-1				
			RVA2*								
P23	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P24	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P25	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			
P26	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVC1-3		RB1-1	(2/0)			Acometida Fca.
P27	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-1	(2/0)			Derivacion Monofásica
			RVU4				RB4-1				
P28	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)	SB3		RB1-1	(2/0)			Terminal del Primario B

## ANEXO IV

### A4. Calibración de relés del primario B de la subestación Sangolquí

DATOS DE CALIBRACIÓN DE RELÉS DEL PRIMARIO B kV , SUBESTACIÓN SANGOLQUÍ			
Transformadores de Corriente  T/C		Relación	600/5 A
Transformadores de potencial  T/P		Relación	23000/115 V
Relé , Siemens, 7SJ645, Versión 4.8			
Ajustes			
Sobrecorriente por fase instantáneo (NO HABILITADO)	50	Tap	
		Lever	
Curva IEC		No habilitado	
Sobrecorriente por fase temporizada	51	Tap	5 A
		Lever	0.06 s
Curva IEC		Very Inversa	
Sobrecorriente de neutro instantáneo(NO HABILITADO)	50N	Tap	
		Lever	
Curva IEC			
Sobrecorriente de neutro temporizado	51N	Tap	2.0 A
		Lever	0.14 s
Curva IEC		Very Inversa	
Mínima Tensión	27	Tap	74 V
		Lever	4.0 s
Baja Frecuencia	81	Tap	59.1 Hz
		Lever	0.10 s
Sobre voltaje (NO HABILITADO)	59	Tap	
		Level	

## ANEXO V

### A5. Calibración de relés del primario C de la subestación sangolquí

DATOS DE CALIBRACIÓN DE RELÉS DEL PRIMARIO B kV , SUBESTACIÓN SANGOLQUÍ			
Transformadores de Corriente  T/C		Relación	600/5 A
Transformadores de potencial  T/P		Relación	23000/115 V
Relé , Siemens, 7SJ645, Versión 4.8			
Ajustes			
Sobrecorriente por fase instantáneo (NO HABILITADO)	50	Tap	
		Lever	
Curva IEC		No habilitado	
Sobrecorriente por fase temporizada	51	Tap	5 A
		Lever	0.06 s
Curva IEC		Very Inversa	
Sobrecorriente de neutro instantáneo(NO HABILITADO)	50N	Tap	
		Lever	
Curva IEC			
Sobrecorriente de neutro temporizado	51N	Tap	2.0 A
		Lever	0.14 s
Curva IEC		Very Inversa	
Mínima Tensión	27	Tap	74 V
		Lever	4.0 s
Baja Frecuencia	81	Tap	59.1 Hz
		Lever	0.10 s
Sobre voltaje (NO HABILITADO)	59	Tap	
		Level	

## ANEXO VI

### A6. Características de aisladores pin 56-2

<b>AISLADOR TIPO</b>	<b>PIN</b>
Marca	Santa Terezinha
Clasificación ANSI C29.6	56-2
Tensión Nominal del Sistema (kV)	24.2
Tensión Resistida de impulso Atmosférico en Seco (kV)	125
Tensión Resistida a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	50
Tensión Resistida a frecuencia industrial en seco (kV)	90
Tensión de contorno a frecuencia industrial en seco (kV)	110
Tensión de contorno a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	70
Distancia de arco en seco (mm)	21
Diámetro D (mm)	23
Diámetro de la cabeza A (mm)	125
Línea de Fuga mm	430

## ANEXO VII

### A7. Características de aisladores pin 56-1

<b>AISLADOR TIPO</b>	<b>PIN</b>
Marca	Santa Terezinha
Clasificación ANSI C29.6	56-1
Tensión Nominal del Sistema (kV)	24.2
Tensión Resistida de impulso Atmosférico en Seco (kV)	125
Tensión Resistida a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	50
Tensión Resistida a frecuencia industrial en seco (kV)	90
Tensión de contorno a frecuencia industrial en seco (kV)	95
Tensión de contorno a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	60
Distancia de arco en seco (mm)	175
Diámetro D (mm)	190
Diámetro de la cabeza A (mm)	113
Línea de Fuga mm	330



## ANEXO VIII

### A 8. Características de aisladores de suspensión 52-1

<b>AISLADOR TIPO</b>	<b>SUSPENSIÓN</b>
Marca	Santa Terezinha
Clasificación ANSI C29.6	52-1
Carga Electromecánica de rotura (kN)	45
Tensión Resistida de impulso Atmosférico en Seco (kV)	70
Tensión Resistida a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	25
Tensión Resistida a frecuencia industrial en seco (kV)	55
Tensión de contorno a frecuencia industrial en seco (kV)	60
Tensión de contorno a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	30
Distancia de arco en seco (mm)	125
Diámetro D (mm)	160
Línea de Fuga	180

## ANEXO IX

### A 9. Características de aisladores de suspensión 52-3

<b> AISLADOR TIPO </b>	<b> SUSPENSIÓN </b>
Marca	Santa Terezinha
Clasificación ANSI C29.6	52-3
Carga Electromecánica de rotura (kN)	70
Tensión Resistida de impulso Atmosférico en Seco (kV)	100
Tensión Resistida a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	45
Tensión Resistida a frecuencia industrial en seco (kV)	70
Tensión de contorno a frecuencia industrial en seco (kV)	80
Tensión de contorno a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	50
Distancia de arco en seco (mm)	210
Diámetro D (mm)	254
Línea de Fuga	292

## ANEXO X

A 10. Levantamiento de transformadores instalados en redes del tramo troncal del  
primario C de la subestación Sangolquí

Transformadores instalados		
El Primario C de la Subestación Sangolquí.		
Transformadores (kVA)		
Monofásicos (kVA)	Trifásicos (kVA)	En Cámara (kVA)
50		
	75	
50		
25		
25		
25		
10		
15		
25		
15		
25		
	50	
	50	
37.5		
	50	
	50	
	100	
	50	
	50	
	50	

Transformadores instalados		
El Primario C de la Subestación Sangolquí.		
Transformadores (kVA)		
Monofásicos (kVA)	Trifásicos (kVA)	En Cámara (kVA)
	50	
	50	
25		
10		
10		
25		
		Cuartel
25		
5		
		Zainella
	45	
	75	
	50	
	50	
	50	
	50	
10		
	50	
	100	falta

## ANEXO XI

### A11. Hojas de estacamiento del primario C de la subestación Sangolquí

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.															
Contrato:														Ingeniero:	Quito , 2010
Obra:	PRIMARIO C SUBESTACION SANGOLQUI													Replanteado: Luis Chinchin	
														Revisado: Luis Chinchin.	
Poste		PRIMARIO			EQUIPO			ALUMBRADO PUBLICO				TENSOR		VARIOS	OBSERVACIONES
No.	Altura y clase	Vano atrás	Tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Equipos	tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Vano atrás	Tipo luminaria	tipo control	No. Y Calib. De conduct.	Primario	Secund	Ancla	Tierra
P1			RVA4		MVC1-3	RB4-1									
P1A	11,5H 500		2RVU1		Pararrayos -Porcelana SB3										
P2			RVA3	3x4-0(Cu)		RB3-1	(2/0)								
P2A	11,5H 500		2RVU1												
P3			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								
P4			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								
P5			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								
P6			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								
P7			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1									Derivacion Fabrica.
			RVU1			RB4-1									
			RVA2*												
P8			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								
P9			RVA1	3x4-0(Cu)	SB3	RB1-1	(2/0)								Seccionador Barra para Transferencia
P10			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								
P11			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								
P12			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								
P13			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								
P14			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								
P15			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								
P16			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								
P17			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								
P18			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								
P19			RVA1	3x4-0(Cu)		RB1-1	(2/0)								

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.																	
Contrato:															Ingeniero:		Quito , 2010
Obra:	PRIMARIO C SUBESTACION SANGOLQUI														Replanteado: Luis Chinchin		
															Revisado: Luis Chinchin.		
Poste		PRIMARIO			EQUIPO			ALUMBRADO PUBLICO				TENSOR		VARIOS		OBSERVACIONES	
No.	Altura y clase	Vano atrás	Tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Equipos	tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Vano atrás	Tipo luminaria	tipo control	No. Y Calib. De conduct.	Primario	Secund	Ancla	Tierra		
P20			RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-1	(2/0)										Ingreso hacia Urb. Chimborazo
			RVA4														
P21			RVA4	3x4/0(Cu)		RB4-1	(2/0)					2G1	G1	GA			
P29	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)	SB3	RB3-1	(2/0)					G1	G1	GA			
P30	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVT3-25	RB4-1	(2/0)		A1				G1	GA			
						RB4-4											
P31	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	3x1/0(2)		A1		1x4						
P32	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	3x1/0(2)		A1		1x4						
P33	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	3x1/0(2)		A1		1x4						
P34	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	3x1/0(2)		A1	CF	1x4						
P35	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	3x1/0(2)		A1		1x4						
P36	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	3x1/0(2)		A1		1x4						
P37	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	3x1/0(2)		A1		1x4						
P38	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB4-4	3x1/0(2)		A1		1x4		G1	GA			
P39	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)		RB3-1						G1		GA			
			3RVU1														
P40	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)		RB3-1	(2/0)		A1			G1		GA			
P41	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	3Pararrayos -Polim	RB1-4	(2/0)		A1		Duplex	G3		GA	T1-1		
P42	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	(2/0)		A1		Duplex	G4					Derivacion trifásica Hda Los Chillos.
			RVA4														
P43	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB3-1	(2/0)		A1		Duplex	G4					Derivacion Fca Zainella
			RVA4			RB4-1											
P44	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	(2/0)		A1		Duplex						
P45	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		2RB1-4	(2/0)		A1		Duplex						
P46	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		2RB1-4	(2/0)		A1		Duplex						
P47	11,5H 500		RVA2	3x4/0(Cu)	3Pararrayos -Polim	RB1-4	(2/0)		A1	CF	Duplex						Derivacion Monofásica
			RVU4			RB4-1											

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.																	
Contrato:														Ingeniero:		Quito , 2010	
Obra:		PRIMARIO C SUBESTACION SANGOLQUI													Replanteado: Luis Chinchín		
														Revisado:Luis Chinchín.			
Poste		PRIMARIO			EQUIPO			ALUMBRADO PUBLICO				TENSOR		VARIOS		OBSERVACIONES	
No.	Altura y clase	Vano atrás	Tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Equipos	tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Vano atrás	Tipo luminaria	tipo control	No. Y Calib. De conduct.	Primario	Secund	Ancla	Tierra		
P48	11,5H 500		2RVA4	3x4/0(Cu)		RB4-1	(2/0)										
P48A	11,5H 500																
P49	11,5H 500		2RVA4	3x4/0(Cu)		RB3-1	(2/0)					G1		GA			
			3RVU1														
P50	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-1	(2/0)										
P51	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-1	(2/0)										
P52	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-1	(2/0)										
P53	11,5H 500		2RVA4	3x4/0(Cu)		RB3-1	(2/0)		A1			2G1	G1	2GA			
						RB4-4											
P54	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVT3-15	RB1-4	2x1/0(2/0)		A1		1x4						
P55	11,5H 500		2RVA4	3x4/0(Cu)		2RB4-4	2x1/0(2/0)		A1	CF	1x4	G1	G1	GA			
P56	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVC1-3	RB1-4	2x1/0(2/0)		A1		1x4					Acometida Cámara	
P57	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(2/0)		A1		1x4						
P58	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB4-4	2x1/0(2/0)		A1		1x4		G1	GA			
						RB4-2											
						RB1-1											
P59	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-3	(2/0)		A1		2x4					Derivacion Monofásica	
			RVU4														
P60	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)		RB4-1	(2/0)		A1		2x4	G1		GA			
			3RVU1			RB3-3											
P61	11,5H 500		2RVA4	3x4/0(Cu)		RB3-1	(2/0)		A1			G1		GA			
						RB4-1						G3		GA			
P62	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	3Pararrayos -Polim	2RB1-1	(2/0)		A1		Duplex				T1-1		
P63	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVT3-15	2RB1-1	(2/0)		A1		Duplex						
P64	11,5H 500		2RVA4	3x4/0(Cu)		2RB3-1	(2/0)		A1	CF	Duplex	G4					
												G1	G1	GA			

# EMPRESA ELECTRICA QUITO S. A.

Contrato:											Ingeniero: Quito , 2010					
Obra: PRIMARIO C SUBESTACION SANGOLQUI											Replanteado: Luis Chinchín					
											Revisado:Luis Chinchín.					
Poste		PRIMARIO			EQUIPO		ALUMBRADO PUBLICO				TENSOR		VARIOS		OBSERVACIONES	
No.	Altura y clase	Vano atrás	Tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Equipos	tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Vano atrás	Tipo luminaria	tipo control	No. Y Calib. De conduct.	Primario	Secund	Ancla	Tierra	
P65	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)		RB3-1	(2/0)		A1		Duplex	G1		GA		
			3RVU1			RB1-1										
P66	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		2RB1-1	(2/0)		A1		Duplex					
P67	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		2RB1-1	(2/0)		A1		Duplex					
P68	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		2RB1-1	(2/0)		A1		Duplex					
P69	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		2RB1-1	(2/0)		A1		Duplex					
P70	11,5H 500		RVA2	3x4/0(Cu)		2RB1-1	(2/0)		A1		Duplex		G4			
P71	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		2RB1-1	(2/0)		A1		Duplex					
P72	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		2RB1-1	(2/0)		A1		Duplex					
P73	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	3Pararrayos -Polim	2RB1-1	(2/0)		A1		Duplex		G1	GA	T1-1	
P74	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)		RB3-1	(2/0)		A1		Duplex		G1	GA		Derivacion Monofasica
			2RVU1			RB2-1										
			RVU4													
P75	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)		RB4-1	(2/0)		A1		Duplex	G1	G1	GA		
			2RVU1			RB4-4						G3		GA		
P76	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4					
P77	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVT3-25	RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4					
P78	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1	CF	1x4					
P79	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1	CF	1x4					
						RB4-4										



EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.																
Contrato:												Ingeniero:		Quito , 2010		
Obra: PRIMARIO C SUBESTACION SANGOLQUI												Replanteado: Luis Chinchín				
												Revisado:Luis Chinchín.				
Poste		PRIMARIO		EQUIPO		ALUMBRADO PUBLICO				TENSOR		VARIOS		OBSERVACIONES		
No.	Altura y clase	Vano atrás	Tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Equipos	tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Vano atrás	Tipo luminaria	tipo control	No. Y Calib. De conduct.	Primario	Secund	Ancla	Tierra	
P80	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)		RB4-1	(1/0)		A1			2G1		2GA		
			RVA4			RB1-4										
			4RVU1													
P81	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB3-4	2x1/0(1/0)		A1				G1	GA		
P82	11,5H 500		RVA2	3x4/0(Cu)	3Pararrayos -Polim	RB4-4	2x1/0(1/0)		A1			G3		GA	T1-1	
						RB4-1										
P83	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB4-4	(1/0)		A1				G1	GA		
						RB4-1										
P85	11,5H 500		RVA3			RB1-4			A1			G1		GA		
			3RVU1													
P86	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB3-4	2x1/0(1/0)		A1							
P87	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1							
P88	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVT4	RB1-4	2x1/0(1/0)		A1							
P89	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)									
P90	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1							
P91	11,5H 500		RVA2	3x4/0(Cu)		RB3-4	2x1/0(1/0)		A1			G3	G1	2GA		
P92	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)		RB4-3	(1/0)		A1			2G2		2GA		
			RVU1			RB4-1										
P93	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVT3-25	RB4-3	(1/0)		A1		2x4					
						RB1-1										
P94	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVT3-25	RB4-3	(1/0)		A1		2x4					
						RB1-1										

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.																
Contrato:														Ingeniero:	Quito , 2010	
Obra:	PRIMARIO C SUBESTACION SANGOLQUI													Replanteado: Luis Chinchín		
														Revisado:Luis Chinchín.		
Poste		PRIMARIO			EQUIPO			ALUMBRADO PUBLICO				TENSOR		VARIOS	OBSERVACIONES	
No.	Altura y clase	Vano atrás	Tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Equipos	tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Vano atrás	Tipo luminaria	tipo control	No. Y Calib. De conduct.	Primario	Secund	Ancla	Tierra	
P95	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVC1-3	RB1-1	(1/0)									Deerivacion Subterranea para Red MT
P96	11,5H 500		2RVA4	3x4/0(Cu)		RB2-1	(1/0)					G1		GA		
			3RVU1													
P97	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)		RB4-3			A1							
			3RVU1			RB4-4										
P98	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB3-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4		G1	GA		
P99	11,5H 500		RVA2	3x4/0(Cu)	3Pararrayos -Polim	RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4	G3	G3	GA	T1-1	
P100	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)			RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4	G3		GA	
P101	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4					
P102	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVT3-25	RB1-4	2x1/0(1/0)		A1	CF	1x4					
P103	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4					
P104	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4					
P105	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB4-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4					
						RB4-1										
P106	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	3Pararrayos -Polim	RB4-4	(1/0)		A1						T1-1	
						RB4-1										
P107	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4					
P108	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4					
P109	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4					
P110	11,5H 500		RVA2	3x4/0(Cu)		RB4-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4	G3	G1	2GA		
						RB4-1										
P111	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB3-4	(1/0)		A1		1x4	G3		GA		
						RB4-1										
P112	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVT3-25	RB1-4	2x1/0(1/0)		A1	CF	1x4					
			RVU4													

# EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.																	
Contrato:														Ingeniero:	Quito , 2010		
Obra:		PRIMARIO C SUBESTACION SANGOLQUI										Replanteado: Luis Chinchín					
														Revisado:Luis Chinchín.			
Poste		PRIMARIO			EQUIPO			ALUMBRADO PUBLICO			TENSOR		VARIOS		OBSERVACIONES		
No.	Altura y clase	Vano atrás	Tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Equipos	tipo de estructura	No. Y Calib. De conduct.	Vano atrás	Tipo luminaria	tipo control	No. Y Calib. De conduct.	Primario	Secund	Ancla	Tierra		
P113	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	3Pararrayos -Polim	RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4				T1-1		
P114	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4						
P115	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4						
P116	11,5H 500		RVA3	3x4/0(Cu)		RB4-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4	G3			GA		
			3RVU1			RB4-1											
P117	11,5H 500		RVBA1	3x4/0(Cu)		RB4-4	(1/0)		A1			G1		GA			
						RB4-1											
P118	11,5H 500		RVBA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4						
P119	11,5H 500		RVBA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4						
P120	11,5H 500		RVBA1	3x4/0(Cu)	MVT3-25	RB1-4	2x1/0(1/0)		A1	CF	1x4						
P121	11,5H 500		RVBA1	3x4/0(Cu)		RB1-4V	2x1/0(1/0)		A1		1x4						
P122	11,5H 500		RVBA1	3x4/0(Cu)		RB1-4V	2x1/0(1/0)		A1		1x4						
P123	11,5H 500		RVBA1	3x4/0(Cu)		RB4-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4						
						RB4-1											
P124	11,5H 500		RVBA1	3x4/0(Cu)	3Pararrayos -Polim	RB4-5	(1/0)		A1						T1-1		
						RB4-1											
P125	11,5H 500		RVBA1	3x4/0(Cu)		RB1-5	3x1/0(1/0)		A1		1x4						
P126	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	3x1/0(1/0)		A1		1x4						
P127	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVT4	RB1-5	3x1/0(1/0)		A1		1x4						
P128	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-5	3x1/0(1/0)		A1	CF	1x4						
P129	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-5	3x1/0(1/0)		A1		1x4						
P131	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-5	3x1/0(1/0)		A1		1x4						
P132	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-5	3x1/0(1/0)		A1		1x4						
P133	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-5	3x1/0(1/0)		A1		1x4						
						RB4-1											
P134	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB4-4	(1/0)		A1								
						RB4-1											
P135	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)		RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4						
P136	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	3Pararrayos -Polim	RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4				T1-1		
P137	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	MVT3-25	RB1-4	2x1/0(1/0)		A1	CF	1x4						
P138	11,5H 500		RVA1	3x4/0(Cu)	SB3	RB1-4	2x1/0(1/0)		A1		1x4					Punto final del Primario C	

# ANEXO XII

## A12. Registro diario de estado del tiempo DAC

DIRECCION GENERAL DE AVIACION CIVIL					
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA AERONAUTICA					
SECCION CLIMATOLOGIA					
AEROPUERTO: QUITO					
MES DE: NOVIEMBRE					
AÑO: 2008					
LISTADO MENSUAL DE PRECIPITACION					
Hrs	07-13	13-19	19-01	01-07	SUMA
FENOMENOS METEOROLOGICOS					
2. TRZ	71	2	2	75	150
0	20	TRZ	10	30	150
13	2	0	0	15	17
0	9	0	3	12	24
1	2	0	0	3	5
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	85	38	1	124	228
0	1	24	0	25	50
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
14	190	64	16	284	554
0	0	1	0	1	2
0	0	22	8	30	60
0	9	34	3	46	92
TRZ	0	0	0	TRZ	0
0	6	4	0	10	20
0	TRZ	0	0	TRZ	0
0	6	6	2	14	28
1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	TRZ	0	TRZ	0
0	21	67	13	101	202
0	0	0	1	1	2
0	TRZ	0	24	24	48
0	0	1	1	2	4
9	0	115	0	124	249
0	0	1	9	10	20
0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
9	0	117	35	161	312
23	211	248	64	546	1072
No. de días con PRECIPITACION					20
No. de días con PRECIPITACION menor que 1 mm					7
No. de días con PRECIPITACION igual o mayor que 1 mm					13



dia	Hrs	07-13	13-19	19-01	01-07	SUMA	FENOMENOS METEOROLOGICOS
1	0	0	24	33	57	11420 1170 1748 1840 1910 1920 (E) 1620 xxx** 2170 xxx	
2	9	0	TRZ	1	10	(E) xxx 0070** 110057** 0057 0140** 0140 0320** 0635 0855 0855 0910** 0910 0925** 1045 1910 1720 1725** 2230	23
3	4	0	129	0	0	129 = 0020 0450** 0050 0628 (E) 1689 1717 (E) 1717 1720** 1745 1748 1748 1815 (E) 1820 1820 (E) 1925 xxx	
4	3	0	15	0	0	15 (E) xxx 0750 1730 1655 (E) 1655 1719 (E) 1724 1715 1715 1740 1820 (E) 1745 1920** 1920 1910 (E) 2200 xxx	
5	3	0	61	0	0	61 (E) xxx 0148** 0148 0205 (E) 0205 0230 1120 1330 (E) 1330 1335 1335 1615 1615 1635 (E) 1645 2020	
6	4	0	34	0	0	34 (E) 1408 1440 (E) 1415 1440 (E) 1536 1557 1155 1557 (E) 1557 1640 1610 1640 1745** 1745 (E) 1717 xxx	
7	0	0	0	0	0	(E) xxx 0320** 0618 0656** 0656 0725** 0725 0800 2000 0840 (E) 0840 1620 (E) 1737 1715 (E) 1715 xxx	
8	0	0	0	0	0	(E) xxx 0150	
9	0	0	0	0	0	(E) xxx 0150	
10	0	0	0	0	0	(E) xxx 0150	
1-1	9	239	24	34	306		
11	3	0	83	0	83	(E) xxx 0410** 0410 1210 (E) 1210 0840 1130 1338 (E) 1338 1615 1615 1645 1740 1740 1800 1800 1840 (E) 1817 xxx	
12	0	61	1	42	104	(E) xxx 0150** 0150 0600 1145 1625 1625 1640 1650 1720 1720 1720 (E) 1726 xxx** 1757 1920** 1920 2015	
13	TRZ	60	41	0	101	(E) xxx 1740** 0210 0425** 0425 0615 1140 1710** 1710 1740** 1740 2015** 2015 2035 (E) 2040 xxx	
14	0	13	68	7	88	(E) xxx 0820** 1509 1550 (E) 1700 2206** 1819 1940 2106 2120 2120 2145** 2206 2220 (E) 2210 xxx** 2320 xxx	
15	0	2	TRZ	0	2	** rta 0330 (E) xxx 0157 1147 1745 2120 1840** 1840 1845 (E) 1845 xxx	
16	0	0	1	0	1	(E) xxx 0830 (E) 1635 1720 (E) 1720 xxx** 2200 2225	
17	0	0	0	0	0	(E) xxx 0248 2236 0445** 0445 0710 (E) 0710 0920 (E) 1840 xxx	
18	0	0	8	3	11	(E) xxx 0840 (E) 1640 2125 2215 2215** 2215 xxx	
19	0	0	0	0	0	(E) xxx 0110 (E) xxx 1440 2020 0420 (E) 1715 xxx	
20	0	0	39	20	59	(E) xxx 0537 2025 0535** 0535 0555 (E) 0555 0840 (E) 1945 xxx** 2150 2225** 2225 2304** 2304 2340	
1-2	0	219	158	72	449		
21	0	TRZ	TRZ	2	2	(E) xxx 1155** 0345 0420** 0420 0755** 1855 1915 1915 2015 (E) 2040 xxx 2120 2140 2225 xxx	
22	0	0	33	0	33	(E) xxx 0740 (E) xxx 0250** 0352 0445** 0445 0650** 0650 0720 2050 0725 (E) 1815 xxx** 2145 2225** 2225 2304	23
23	0	0	3	0	3	(E) xxx 0910** 0915 0940 1145 1715 (E) 1715 1815 (E) 1815 2010** 2040 2145 (E) 2040 xxx	xxx
24	0	0	0	0	0	(E) xxx 0420** 0432 0910 (E) 0410 1140 (E) 1752 2320	
25	0	0	26	19	45	(E) 1600 0915 (E) 1710 2310 2020 2025 (E) 2210 2340 (E) 2340 xxx** 2145 2355** 0355 xxx	
26	0	TRZ	0	0	TRZ	(E) xxx 0850 2145 xxx 0041** 0040 0245 0330 0450** 0450 0640 1635 1640 (E) 1635 2117** 2117 2145 (E) 2145 xxx	
27	0	0	0	0	0	(E) xxx 1910 (E) 1820 xxx	
28	0	20	0	0	20	(E) xxx 0550** 0226 0245 (E) 1812 1821** 1842 1910** 1920 1940 (E) 1925 2004** 2040 2040	
29	0	0	0	0	0	(E) xxx 1015 (E) 1620 1720 (E) 1750 1945** 1945 1957 (E) 1957 2250** 2250 2350 (E) 2350 xxx	
30	0	0	0	0	0	(E) xxx 0250** 0050 0420 (E) 0420 0840 (E) 1750 xxx	
31	0	0	0	0	0	(E) xxx 0740 (E) 1745 1840 (E) 1915 xxx	
1-3	0	20	62	21	103		
1-4	9	478	244	127	858		
1-5					129		
No. de dias con PRECIPITACION							20
No. de dias con PRECIPITACION menor que 1 mm							5
No. de dias con PRECIPITACION igual o mayor que 1 mm							15

## ANEXO XIII

### A13. Registro diario de estado del tiempo estación Izobamba y simbología

RESUMEN MENSUAL - "ALDRES BELTRAN ADO"				ESTACION		IZOBAMBA		MES : DICIEMBRE		AÑO : 2007			
PRESION TEMPERATURA Y HUMEDAD				EVAPORACION PRECIPITACION Y HELIOFANIA				NUMERO DE DIAS					
Presión atmosférica (mb)	Media	6.5	mb	Insolación total mensual	128.7	Horas y décimos		de precipitación < 0.1 mm.					
corregida a 0° C y a la	Máxima	6.4	mb	Evaporación mensual		84.6	mm	de precipitación > 0.1 mm.					
gravedad normal	Mínima	4.8	mb	Evaporac. Máx. en 24 Hs.		5.2	mm	de precipitación > 1.0 mm.					
				el día		4.0		de precipitación > 10.0 mm.					
Temperatura media (Máx. - Mín)		11.9	°C	Precipitación total mensual		117.8	mm	de precipitación > 25.0 mm.					
				Precipitación máx. en 24 hs.		25.9	mm	de precipitación > 50.0 mm.					
Temperatura media (07 - 13 - 19)		11.2	°C	el día	19	# de días	19						
								Con llovana			10		
Temperatura máxima media		17.1	°C	NUMERO DE DIAS				Con lluvias			6		
Temperatura mínima media		6.6	°C					Con Chaparran			1		
Temperatura máxima absoluta		10.2	°C	En que la Temperatura máxima > 30 °C				Con tormenta			6		
el día		10		En que la Temperatura máxima > 25 °C				Con Niebla distanciat			9		
Temperatura mínima absoluta		0.6	°C	En que la Temperatura máxima < 20 °C				Con Calima			9		
el día		21		En que la Temperatura mínima < 10 °C				con viento fuerte			7		
Humedad relativa media		85	%					con torpe					
humedad relativa máxima		90	%	Numero de veces en que se registró viento en cada una de las direcciones indicadas y valor medio de la velocidad en m/sig.									
N° de veces		2											
Humedad relativa mínima		44	%	Horas	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALIMA
N° de veces		1		7					2.0		1.5		26
Tensión de vapor de agua		11.2	mb	13	13	17.0	10	11.5	2	3.0	2.0	1	2.0
Punto de rocío		8.5	°C	19			5	5.0	2	1.0			
Velocidad media		15	Km	SUMA	0	0.0	13	17.0	15	16.5	4	4.0	6
Nubosidad media		6	octos						4.0	1	3.0	2	3.0
													0.5
Viento: de E		Vel. med.	1.1	Frecuencia en % en que se registró el viento en cada dirección.									
		Vel. med. mes	0.6										
				N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALIMA	
				%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel
				0	#DIV/0!	14	1.3	16	1.1	4	1.0	6	0.7
OBSERVACIONES				LEGALIZACION DEL FORMULARIO									
				Preparado por					Revisado por				
				FRANKLIN ORTEGA					Visto Bueno				
				Fecha: 2005-05-					Fecha:				





RESUMEN MENSUAL DE VALORES SELECCIONADOS										ESTACION		IZOBAMBA		MES: OCTUBRE		AÑO: 2007			
PRESION TEMPERATURA Y HUMEDAD										EVAPORACION PRECIPITACION Y HELIOFANIA									
PRESION ATMOSFERICA (mb)										NÚMERO DE DIAS									
Media 6,8 mb										de precipitación < 0,1 mm.									
corregida a 0° C y a la Máxima 8,2 mb										de precipitación > 0,1 mm.									
gravedad normal Mínima 5,6 mb										de precipitación > 1,0 mm.									
Insolación total mensual 137,6 Horas y décimos										de precipitación > 10,0 mm.									
Evaporación mensual 86,2 mm										de precipitación > 25,0 mm.									
Evaporac. Máx. en 24 Hs. 5,5 mm										de precipitación > 50,0 mm.									
Temperatura media (Máx + Mín) 12,0 °C.										el día 25									
2										Precipitación total mensual 201,9 mm									
Temperatura media (07 + 13 + 19) 11,4 °C.										Precipitación máx. en 24 hs. 42,7 mm									
3										el día 8 # de días 22									
Temperatura máxima media 18,0 °C.										NÚMERO DE DIAS									
Temperatura mínima media 6,0 °C.										Con lluvia 7									
Temperatura máxima absoluta 21,4 °C.										Con lluvia 6									
el día 2										Con Chaparrón 16 CON RR-10									
Temperatura mínima absoluta 3,3 °C.										Con tormenta 8									
el día 27										Con Niebla distancia 6									
Humedad relativa media 82 %										Con Calma 2									
Humedad relativa máxima 100 %										con viento fuerte 5									
N° de veces 1										con rocío									
Humedad relativa mínima 38 %										Número de veces en que se registró viento en cada una de las direcciones indicadas y valor medio de la velocidad en m/seg.									
N° de veces 1										N E SE S SW W NW CALMA									
Tensión del vapor de agua 10,9 mb										7 6 13,5 25									
Punto de rocío 9,2 °C.										13 5 4,0 5 5,0 1 2,0 7 6,5 4 11,0 1 4,0 2 2,0 3 3,0 3									
Visibilidad media 16 Km										SUMA 5 4,0 6 5,5 3 4,0 8 7,0 4 11,0 10 20,0 2 2,0 3 3,0 52									
Nubosidad media 6 octav										Frecuencia en % en que se registró el viento en cada dirección									
Viento: dd Vel. med. m/seg										N E SE S SW W NW CALMA									
Vel. med. mes 0,6 m/seg										% Vel. % Vel. % Vel. % Vel. % Vel. % Vel. % Vel. % Vel. % Vel. % Vel. %									
OBSERVACIONES										5 0,8 6 0,9 3 1,3 9 0,9 4 2,8 11 2,0 2 2,0 3 1,0 56									
LEGALIZACION DEL FORMULARIO										Preparado por Revisado por Visto Bueno									
FRANKLIN ORTEGA M.																			
Fecha: Oct-07										Fecha: Fecha:									



## ANEXO XIV

### A14. Reportes de desconexiones por descargas atmosféricas en el primario C de la subestación Sangolquí

EMPRESA  
ELÉCTRICA  
QUITO S.A.

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.  
DIRECCION DE DISTRIBUCION

Fecha Emisión: 2011/12/28

Página: 1 de 7

SDI\_R\_FALL\_F\_S\_P

DESCONEXIONES DE PRIMARIOS DE DISTRIBUCION

Fecha 2005/02/27 DOMINGO

S/E	Prim	KV	Inicio	Final	Desconexión	Amperaje			Origen	Causa	Reles
(55) SANGOLQUI	C	22.8	17:30	18:33	AUTOMATICA	80	80	80	4 1	0 1	51G

DESCARGAS ATMOSFERICAS.

Fecha 2005/06/13 LUNES

S/E	Prim	KV	Inicio	Final	Desconexión	Amperaje			Origen	Causa	Reles
(55) SANGOLQUI	C	22.8	17:20	17:40	AUTOMATICA	62	58	59	4 1	0 1	51G

DESCARGAS ATMOSFERICAS.

Fecha 2005/08/30 MARTES

S/E	Prim	KV	Inicio	Final	Desconexión	Amperaje			Origen	Causa	Reles
(55) SANGOLQUI	C	22.8	17:20	18:07	AUTOMATICA	62	58	59	4 1	0 1	51G

DESCARGAS ATMOSFERICAS.

Fecha 2005/09/22 JUEVES

S/E	Prim	KV	Inicio	Final	Desconexión	Amperaje			Origen	Causa	Reles
(55) SANGOLQUI	C	22.8	15:00	15:33	AUTOMATICA	57	78	47	4 1	0 1	51G

DESCARGAS ATMOSFERICAS.

Fecha 2005/10/01 SÁBADO

S/E	Prim	KV	Inicio	Final	Desconexión	Amperaje			Origen	Causa	Reles
(55) SANGOLQUI	C	22.8	14:31	15:38	AUTOMATICA	40	40	40	4 1	0 1	51G

DESCARGAS ATMOSFERICAS. PERSONAL DE SUBESTACIONES REVISÓ TRANSFORMADOR DE POTENCIA, NO SE ENCONTRÓ NINGUNA NOVEDAD Y SE CONECTÓ EL PRIMARIO. CONOCEN ING. I. SALAZAR, LCDO. I. RODRIGUEZ Y SR. L. PILLAJO.

Fecha 2005/12/20 MARTES

S/E	Prim	KV	Inicio	Final	Desconexión	Amperaje			Origen	Causa	Reles
(55) SANGOLQUI	C	22.8	15:40	17:25	AUTOMATICA	70	70	75	4 1	0 1	51W

DESCARGAS ATMOSFERICAS.

Fecha 2006/02/13 LUNES

S/E	Prim	KV	Inicio	Final	Desconexión	Amperaje			Origen	Causa	Reles
(55) SANGOLQUI	C	22.8	18:30	19:00	AUTOMATICA	85	95	94	4 1	0 1	51V

SDI\_R\_FALL\_F\_S\_P

DESCONEXIONES DE PRIMARIOS DE DISTRIBUCION

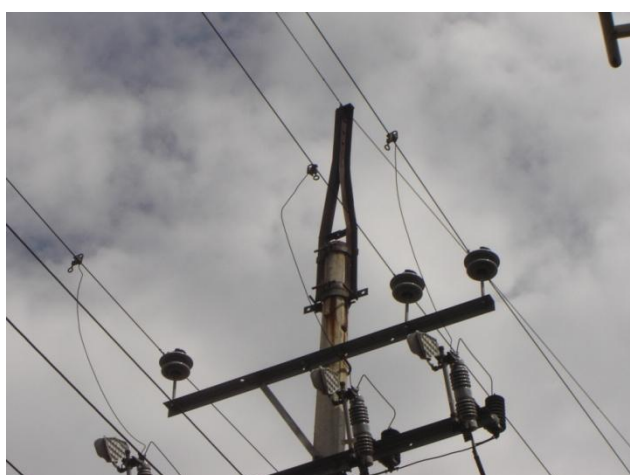
Fecha	2005/01/13 JUEVES												
S\I	Prim	KV	Inicio	Final	Desconexión	Amperaje			Origen		Causa	Reles	
(55) SANGOLQUI	B	22.8	16:15	16:55	AUTOMATICA	60	66	54	4	1	0	1	50G
DESCARGAS ATMOSFERICAS.													
Fecha	2005/02/27 DOMINGO												
S\I	Prim	KV	Inicio	Final	Desconexión	Amperaje			Origen		Causa	Reles	
(55) SANGOLQUI	B	22.8	17:30	18:34	AUTOMATICA	70	95	55	4	1	0	1	50G
DESCARGAS ATMOSFERICAS.													
Fecha	2005/03/08 MARTES												
S\I	Prim	KV	Inicio	Final	Desconexión	Amperaje			Origen		Causa	Reles	
(55) SANGOLQUI	B	22.8	16:05	16:41	AUTOMATICA	60	72	54	4	1	0	1	51G 51U
DESCARGAS ATMOSFERICAS.													
Fecha	2005/03/21 LUNES												
S\I	Prim	KV	Inicio	Final	Desconexión	Amperaje			Origen		Causa	Reles	
(55) SANGOLQUI	B	22.8	20:10	20:25	AUTOMATICA	60	102	60	4	1	0	1	50G 50V
DESCARGAS ATMOSFERICAS.													
Fecha	2005/05/01 DOMINGO												
S\I	Prim	KV	Inicio	Final	Desconexión	Amperaje			Origen		Causa	Reles	
(55) SANGOLQUI	B	22.8	16:10	16:25	AUTOMATICA	60	72	54	4	1	0	1	51G 51U
DESCARGAS ATMOSFERICAS. SR. L. PILLAJO CONECTO EL PRIMARIO EN LA SUBESTACION.													
Fecha	2005/06/13 LUNES												
S\I	Prim	KV	Inicio	Final	Desconexión	Amperaje			Origen		Causa	Reles	
(55) SANGOLQUI	B	22.8	16:55	17:43	AUTOMATICA	60	72	54	4	1	0	1	51G
DESCARGAS ATMOSFERICAS.													
Fecha	2005/07/15 VIERNES												
S\I	Prim	KV	Inicio	Final	Desconexión	Amperaje			Origen		Causa	Reles	
(55) SANGOLQUI	B	22.8	16:45	17:30	AUTOMATICA	60	66	54	4	1	0	1	51U 51V

## ANEXO XV

A15. Estructuras con disposición para hilo de guardia y que se encuentran en servicio en el sector de San Rafael. voltaje 23 kV



**Montaje de estructura con hilo de guardia**



**Alternativa de instalación de estructura con hilo de guardia y equipos de protección y seccionamiento**

## ANEXO XVI

### A16. Registro gráfico



**Registro gráfico de los valores de resistividad del suelo en varios sectores del primario B de la subestación Sangolquí**



**Medición de la resistividad del suelo en la vía Sangolquí-Amaguaña, sector bodegas Infarma**

## ANEXO XVII

### A17. Tipo de prueba



### Tipo de pruebas que se realizan a los pararrayos de distribución



### Medición de parámetro MCOV



### Medición del parámetro MCOV en pararrayos polimérico

## ANEXO XVIII

### A18. Costos de mano de obra para el primario B

TABLA DE PRECIOS UNITARIOS PARA MONTAJE DE REDES ELECTRICAS DE DISTRIBUCION								
VIGENCIA AÑO 2011		Actividad (a) Primario B Instalacion de Hilo de Guarda en la Salida de la Subestación						
PRECIO DE ESTRUCTURAS TIPO					268.58 USD			
	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANT	PORC	NUEVA	REMODE	RETIRO	Total
B. ALIMENTADORES PRIMARIOS								
1	Replanteo	Km	0,243			357,3		86,82
6	ENSAMBLAJE DE ESTRUCTURAS							
6.3	AT 1F (23-13.2 KV)		6			12,55		75,3
7	ENSAMBLAJE DE ACCESORIOS							
7.3	Puesta a Tierra		6			11,5		69
8	TRANSPORTE ,TENDIDO Y REGULADO DE CONDUCTORES							
8.1	Nº 4 y Nº 2 AWG (sobre los 80 metros)	Km/cond	0,243			349,19		84,85
9	EQUIPOS (Cualquier Tension)							
9.2	Pararrayos		0			12,55		0
D.REDES DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA								
5	Puesta a Tierra					11,5		0
5.2	Conexión a tierra		6			16,05		96,3
						Costo Remodelacion		412,28
						Costo Retiro		0
						Costo Remodelacion +Retiro		412,28
						Costo Materiales		714,79
						Costo Total		1127,07
TABLA DE PRECIOS UNITARIOS PARA MONTAJE DE REDES ELECTRICAS DE DISTRIBUCION								
VIGENCIA AÑO 2011		Actividad (a) Primario B Instalacion de Hilo de Guarda en la Salida de la Subestación						
PRECIO DE ESTRUCTURAS TIPO					268.58 USD			
	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANT	PORC	NUEVA	REMODE	RETIRO	Total
B. ALIMENTADORES PRIMARIOS								
1	Replanteo	Km						0
6	ENSAMBLAJE DE ESTRUCTURAS							
6.3	AT 1F (23-13.2 KV)		0				5,64	0
7	ENSAMBLAJE DE ACCESORIOS							
7.3	Puesta a Tierra							0
9	EQUIPOS (Cualquier Tension)							
9.2	Pararrayos							0
D.REDES DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA								
5	Puesta a Tierra							
5.2	Conexión a tierra							0



## ANEXO XIX

### A19. Costos de materiales para el primario B

Materiales para la Instalacion con Hilo de Guarda en la salida de la subestacion B (a)					
	suelta exotermica			15,00	6 90,00
02351818	VARILLA COPPERWELD PUESTA A TIERRA DE 16 MM DIAM Y 1.80 M LONG	H	UNITARIO	7,86	6 47,16
01013339	CONDUCTOR DESNUDO CABLEADO ALUMINIO ACERO ACSR 6/1, NO. 2 AWG, 7 HILOS	E	METROS	0,64	243,24 131,35
02840301	ESTRUCTURA DE HIERRO SOPORTE DE TRANSFORMADOR	J	UNITARIO	32,65	6 195,30
01011142	CONDUCTOR DESNUDO CABLEADO COBRE SUAVE NO. 2/0 AWG, 7 HILOS	E	METROS	4,06	60 243,60
02060112	CONECTOR R. P. COBRE ESTAÑADO 1 PERNO, NO. 6 - 2/0 AWG CLASE C	G	UNITARIO	1,23	6 7,38
					714,79



## ANEXO XX

A20. Proyecciones de la inversión para las alternativas planteadas

<b>PROYECCIONES DE LA INVERSIÓN</b>											
<b>INFLACIÓN 5,14%</b>											
<b>Cálculo del Valor Presente Neto para la Alternativa (a) Hilo de Guardia a la Salida de la S/E Primario B Sangolquí.</b>											
	<b>Año 0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Flujo</b>	1.127,07	579,83	609,63	640,97	673,91	708,55	744,97	783,26	823,52	865,85	910,36
<b>Cálculo del Valor Presente Neto para la Alternativa (a) Hilo de Guardia a la Salida de la S/E Primario C Sangolquí.</b>											
	<b>Año 0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Flujo</b>	1.127,07	1.430,02	1.503,52	1.580,80	1.662,06	1.747,49	1.837,31	1.931,75	2.031,04	2.135,43	2.245,20
<b>Cálculo del Valor Presente Neto para la Alternativa (b) Distancias de fuga Primario B Sangolquí.</b>											
	<b>Año 0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Flujo</b>	317,79	579,83	609,63	640,97	673,91	708,55	744,97	783,26	823,52	865,85	910,36
<b>Cálculo del Valor Presente Neto para la Alternativa (b) Distancias de fuga Primario C Sangolquí.</b>											
	<b>Año 0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Flujo</b>	345,99	1.430,02	1.503,52	1.580,80	1.662,06	1.747,49	1.837,31	1.931,75	2.031,04	2.135,43	2.245,20
<b>Cálculo del Valor Presente Neto para la Alternativa © instalación de descargadores Primario B Sangolquí.</b>											
	<b>Año 0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Flujo</b>	1.555,37	579,83	609,63	640,97	673,91	708,55	744,97	783,26	823,52	865,85	910,36

<b>Cálculo del Valor Presente Neto para la Alternativa © instalación de descargadores Primario C Sangolquí.</b>											
	<b>Año 0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Flujo</b>	1.274,99	1.430,02	1.503,52	1.580,80	1.662,06	1.747,49	1.837,31	1.931,75	2.031,04	2.135,43	2.245,20
<b>Cálculo del Valor Presente Neto para la Alternativa (d) instalación de Hilo de Guardia Primario B Sangolquí.</b>											
	<b>Año 0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Flujo</b>	7.527,02	579,83	609,63	640,97	673,91	708,55	744,97	783,26	823,52	865,85	910,36
<b>Cálculo del Valor Presente Neto para la Alternativa (d) instalación de Hilo de Guardia Primario C Sangolquí.</b>											
	<b>Año 0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Flujo</b>	23.238,78	1.430,02	1.503,52	1.580,80	1.662,06	1.747,49	1.837,31	1.931,75	2.031,04	2.135,43	2.245,20

## ANEXO XXI

A21. Índice de frecuencia media de interrupción del primario B de la subestación  
Sangolquí

Año	Frecuencia de Interrupcion	Indice FMIK
2005	18	7.28
2006	18	7.28
2007	9	3.64
2008	4	1.61
2009	4	1.61
2010	3	1.21

## ANEXO XXII

A22. Índice de frecuencia media de interrupción del primario C de la subestación  
Sangolquí

Año	Frecuencia de Interrupcion	Indice FMIK
2005	6	0.47
2006	9	0.26
2007	6	0.47
2008	12	0.94
2009	10	0.79
2010	3	0.23

## ANEXO XXIII

A23. Índice de tiempo total de interrupción del primario B de la subestación Sangolquí

Año	Tiempo de Interrupción	Indice TTIK
2005	10.28	4.16
2006	13.78	5.57
2007	8.33	3.37
2008	3.16	1.27
2009	4.05	1.63
2010	2.10	0,84

## ANEXO XXIV

A24. Índice de tiempo total de interrupción del primario C de la subestación Sangolquí

Año	Tiempo de Interrupción	Indice TTIK
2005	5.58	0.44
2006	6.31	0.18
2007	3.88	0.30
2008	13.61	1.07
2009	8.65	0.68
2010	3.10	0.24

## **ANEXO XXV**

A25. Plano primario B

## **ANEXO XXVI**

A26. Plano primario C